

**Tertiäre Reosteosynthesen nichtinfizierter
Pseudarthrosen und Fehlstellungen an Schlüsselbein,
Oberarm und Unterarm**

Ruth Rattenhuber

1974

Digitized by the Internet Archive
in 2026

Aus der Berufsgenossenschaftlichen Unfall-
klinik Murnau/Obb.

ehemaliger Chefarzt: Professor Dr. med. A. LOB
Ärztlicher Direktor: Priv. Doz. Dr. med. J. PROBST

Tertiäre Reosteosynthesen
nichtinfizierter Pseudarthrosen und Fehl-
stellungen an Schlüsselbein, Oberarm und
Unterarm

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der ge-
samten Medizin
verfaßt und
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Ruth Rattenhuber, geb. Weidinger
aus München

München 1973

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der
Universität München

Berichterstatter:	Professor Dr. med. A. Lob
Mitberichterstatter:	Professor Dr. med. G. Heberer
Dekan:	Professor Dr. med. W. Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 26.3.1974



Gliederung

	Seite
Einleitung	1
<u>A. Allgemeiner Teil</u>	
I. Literaturübersicht	3
1. Knochenheilung nach Osteosynthesen	3
2. Ursachen für das Versagen von Osteosynthesen	6
a) Schlechte Voraussetzungen für die Osteosynthese	
b) Unzulängliche operative Technik	
c) Metallurgische Ursachen	
d) Verfrühte Entfernung des Fremdkörpers	
e) Infektion	
f) Falsche postoperative Behandlung	
3. Reosteosynthese	17
a) Indikationen	
b) Methoden	
II. Allgemeines über tertiäre Reosteosynthesen aus dem Krankengut des UKM	29
1. Unterteilung der Fälle nach Unfallart, Alter, Geschlecht, Bruchart und -lokalisation sowie Nebenverletzungen	
2. Allgemeines zur Erstbehandlung	

3. Allgemeines zur Behandlung im UKM	
4. Ergebnis der Behandlung	
B. <u>Spezieller Teil</u>	42
I. Schlüsselbein	42
1. Besonderheiten bei der Reosteo- synthese	
Angaben aus der Literatur	
2. Krankengut des UKM	
II. Oberarm	52
1. Besonderheiten bei der Reosteo- synthese	
Angaben aus der Literatur	
2. Krankengut des UKM	
III. Unterarm	57
1. Besonderheiten bei der Reosteo- synthese	
Angaben aus der Literatur	
2. Krankengut des UKM	
a) Tertiäreingriffe an der Elle	
b) Tertiäreingriffe an der Speiche	
c) Tertiäreingriffe an beiden Unterarmknochen	
C. <u>Zusammenfassung</u>	71
Literaturverzeichnis	74

Einleitung

Seit der Einführung der modernen, sehr erfolgreichen Osteosyntheseverfahren ist in der Auseinandersetzung zwischen konservativer und operativer Knochenbruchbehandlung die Osteosynthese wieder in den Vordergrund getreten. Dennoch warnen viele Autoren vor ihrer allzu kritiklosen Anwendung: "Es gibt keine schlechtere Frakturbehandlung als Osteosynthesen, die ohne die notwendigen Mittel oder ohne die erforderliche chirurgische Ausbildung oder gar unter mangelhaften aseptischen Verhältnissen vorgenommen werden" (ALLGÖWER²).

Die vorliegende Arbeit behandelt anhand des Krankengutes aus dem Unfallkrankenhaus Murnau (UKM) die Problematik tertiärer Reosteosynthesen an der oberen Extremität. Es geht dabei um Schaftbrüche, bei denen - zum Teil nach konservativer Behandlung - als Primäreingriff eine Osteosynthese durchgeführt wurde. Als "Osteosynthesen" gelten dabei, definitionsgemäß (LANGE²), nur die Verfahren, bei denen die Fragmente durch metallische Fremdkörper irgendwelcher Art "vereinigt" wurden. Die 2. Operation bestand in der Entfernung jenes metallischen Fremdkörpers. Da sich meist nach diesem Sekundäreingriff zeigte, daß die

Brüche mit Falschgelenkbildung oder in Fehlstellung ausgeheilt waren, mußte nach einiger Zeit eine 3. Operation, die tertiäre Reosteosynthese, vorgenommen werden; diese sogenannten tertiären Reosteosynthesen sind ausschließlich im UKM ausgeführt worden.

Die einschlägigen Fälle wurden anhand der Krankengeschichten des UKM und der berufsgenossenschaftlichen Akten ausgewertet.

Veröffentlichungen, die sich speziell mit der Frage der tertiären Reosteosynthese befassen, liegen, soweit ich feststellen konnte, nicht vor. Der Begriff Reosteosynthese ist - wie andere Eingriffsbezeichnungen mit der Vorsilbe Re- - als wiederholte Osteosynthese zu verstehen, wobei die Reosteosynthese im allgemeinen sowohl den unmittelbaren Wechsel vom einen zum anderen Osteosynthesemittel als auch den Austausch gleichartiger Implantate bezeichnet. Der Begriff Reosteosynthese ist erstmals von PROBST^{5,6} gebraucht worden; den Begriff "tertiäre Reosteosynthese" hat er ebenfalls angegeben. Die Literaturübersicht dieser Arbeit behandelt diejenigen Probleme der Osteosynthese, die auch für die tertiäre Reosteosynthese zutreffen.

A. Allgemeiner Teil

I. Literaturübersicht

1) Knochenheilung nach Osteosynthesen

Man unterscheidet 2 Arten der Frakturkonsolidation nach Osteosynthesen: die primäre und die sekundäre Ossifikation. Die primäre Knochenheilung setzt eine stabile Fragmentfixation bis zum Abschluß der Verknöcherung voraus. Diese Fixation muß für die postoperative Beanspruchung genügen, aber auch eine ausreichende Ernährung der Bruchstücke ermöglichen (MÜLLER¹). Nach HACKETHAL, MAURATH ist das Hauptkriterium der stabilen Osteosynthese die auch bei stärkster physiologischer Belastung fehlende elastische Verformung der Allenthesen. MAURATH u. Mitarbeiter fordern zusätzlich, daß das System Knochen - Metall nach kurzer, unphysiologisch starker Gewalteinwirkung wieder in seine Ausgangslage zurückkehren muß. Zu den Methoden, die diesen Anforderungen entsprechen, rechnen viele Autoren (u. a. ALLGÖWER², HEINEMANN, MAURATH, WILLENEGGER²) lediglich die Küntschernagelung bei Verwendung eines ausreichend dicken Implantates und die Kompressionsosteosynthese der AO - MAURATH nur bei gleichzeitiger Einbringung von 2 Platten. Als übungsstabil, d. h. für Bewegung, aber nicht für Belastung einer Extremität ausreichend,

betrachtet MAURATH das AO-Verfahren unter Verwendung einer Platte, während er ebenso wie WILLENEGGER² alle übrigen Methoden als instabil beurteilt. Nach stabiler Fragmentfixation kommt es zu der als "soudure autogène" (DANIS) bzw. "direkte angiogene Heilung" (KROMPECHER²) oder auch "intrakanalikuläre Osteogenese" bezeichneten primären Ossifikation. Sie besteht in der sofortigen knöchernen Überbrückung der Fraktur und zeigt sich röntgenologisch nur im allmählichen Verschwinden des Bruchspalts. Auf eine Störung des Heilungsvorganges weist einmal das Weiterbestehen dieses Spaltes noch nach 2 - 4 Monaten hin, daneben auch das Auftreten von Kallus.

Histologisch vollzieht sich der Ablauf folgendermaßen (SCHENK/WILLENEGGER): Mesenchymale perivaskuläre Zellen aus Markraum, Periost und Havers'schen Kanälen differenzieren sich zu Osteoblasten und beginnen sofort mit der Bildung von Lamellenknochen. Zu seiner Entstehung ist ein Leitgerüst mechanischer Stabilität nötig (KROMPECHER², PAUWELS¹, PROBST¹). Nach 6 Wochen sind 60 % der Osteone regeneriert und 63 % der Havers'schen Systeme mineralisiert, wie Untersuchungen von SCHENK/WILLENEGGER ergaben. Die vollständige Ausreifung der Osteone beansprucht etwa 1 Jahr, die verletzte Extre-

mität kann trotz direkter Verknöcherung nicht eher belastet werden als bei kallöser Heilung (MÜLLER¹). Dennoch wird die primäre Ossifikation heute allgemein als ideal betrachtet. SEGMÜLLER/ALLGÖWER wiesen nach, daß der Prozentsatz völlig wiederhergestellter Gliedmaßen direkt proportional zur Anzahl von primär verknöcherten Frakturen ist.

Dagegen sieht HEINEMANN in der sekundären, auch als "kallös" bezeichneten Frakturheilung "einen durch ungünstige biomechanische Kräfte verursachten Umweg der Differenzierung". Die Entstehung des Kallus erklärt PROBST¹ als "periostale manschettenförmige Selbstruhigstellung" der Fraktur infolge mechanischer Unruhe im Bruchspalt. Die indirekte Ossifikation tritt also nach einer unstabilen Osteosynthese ein. Sie gleicht einer aseptischen Entzündung und verläuft in folgenden Phasen: Frakturhämatom, Granulations-, Bindegewebs-, knöcherner Kallus und funktioneller Umbau des entstandenen Faserknochens in Lamellenknochen. Dabei bleibt eine Knochennarbe zurück, da nicht alle Havers'schen Systeme Anschluß am anderen Fragment finden (PROBST¹).

Während der Ablauf von primärer und sekundärer Ossifikation weitgehend geklärt ist, liegen über die auslösenden Faktoren bisher nur Theorien vor. Auch läßt

sich noch nicht endgültig beurteilen, welche Rolle chemische, mechanische und elektrische Effekte beim Knochenneubildungsvorgang spielen.

2) Ursachen für das Versagen von Osteosynthesen

Das Ausbleiben der Verknöcherung, das sich zunächst im Röntgenbild zeigt, bietet den ersten Hinweis auf das Versagen einer Osteosynthese. Dieser Mißerfolg kann viele Gründe haben.

a) Schlechte Voraussetzungen für die Osteosynthese

Hier muß einmal die falsche Indikationsstellung genannt werden. Man soll eine Fraktur nur dann operieren, wenn eine möglichst schonende, im gleichen Zeitraum zum gleichen Ergebnis führende konservative Therapie nicht möglich ist (BERENTEY, BÖHLER¹, KÜPPERMAN, LANGE³, LEITZ⁴, NABAVI², RUEFF/BEDACHT). BÖHLER¹ rechnet die ohne entsprechende Indikation durchgeführte Osteosynthese zu den "unzweckmäßigen und gefährlichen Methoden bei der Behandlung von Frakturen". Weiterhin ist entscheidend, daß der Eingriff an einer Klinik durchgeführt wird, in der alle Voraussetzungen für eine erfolgreiche Behandlung gegeben sind: erfahrener Operateur, geschultes Personal, entsprechendes Instrumentarium, sachgerechte Übungsbehandlung.

Die richtige Auswahl der Patienten ist ein weiterer Punkt, der über das Gelingen des Eingriffs entscheidet. Neben dem Alter, dem Allgemeinzustand, den Verhältnissen an der betroffenen Extremität, wie Durchblutung und Zustand der Weichteile, spielt vor allem der Intelligenzgrad eine entscheidende Rolle. Nur bei aktiver Mitarbeit des Verletzten besteht Aussicht auf Heilung. Viele Autoren (DÜRR¹, REHM¹, WELLER¹ u. a.) schreiben, daß auch die bestgelungene Osteosynthese bei einem "nicht geeigneten" Patienten nur zu einem unbefriedigenden oder schlechten Resultat führt.

Das Behandlungsergebnis hängt ebenso von der Wahl des richtigen Operationstermins ab (BAUMGÄRTEL, WITT¹ u. a.). Das Überschreiten der 8 - 10 Stundengrenze erhöht nach MÜLLER¹, WILLENEGGER² die Infektionsgefahr bei offenen Frakturen, während es bei geschlossenen Brüchen zu einer Verschlechterung der Weichteilverhältnisse und damit zu ungünstigen Heilungsbedingungen führt. Aber auch das Hinauszögern des Termins über mehrere Wochen wirkt sich negativ aus (WITT¹), da eine Operation im Stadium der Kallusbildung zu einer Erschöpfung der regenerierenden Kräfte führen kann.

b) Unzulängliche operative Technik

Einen der wichtigsten Gründe für das Ausbleiben der

Heilung bildet die Anwendung einer im jeweiligen Fall ungeeigneten Osteosynthesemethode. Als Ursache wird in der Literatur übereinstimmend die Fehleinschätzung der durch bestimmte Verfahren zu erreichenden Stabilität angegeben. Dadurch kommt es nach der Osteosynthese zur Einwirkung verschiedenartiger Druck-, Schub- und Scherkräfte und damit zur mechanischen Instabilität, die nach DÜRR² "Kardinalfehler bei nichtinfizierten Osteosynthesen" ist. Sie zeigt sich im Röntgenbild am Auftreten von wolkeigem Irritationskallus und histologisch durch bindegewebige und faserknorpelige Strukturen im Bruchspalt (SEGMÜLLER/ALLGÖWER).

Die instabilen Osteosynthesemethoden vereinigen nach der Lehrmeinung die Nachteile konservativer und operativer Knochenbruchbehandlung, da zum Risiko einer Operation die negativen Folgen einer langen äußeren Ruhigstellung im Gipsverband hinzutreten.

Eine dieser Methoden ist die u. a. von LOB/PROBST als "untauglich" bezeichnete Drahtumschlingung. Wegen der mangelhaften Fixierung und der Arrosion des abgedroselten Knochens wird sie von den meisten Autoren nicht mehr durchgeführt. LEITZ⁴ schreibt, daß durch kein anderes Behandlungsverfahren mehr Pseudarthrosen erzeugt werden, und eine Aufstellung von LANGE³, der bei 52 Drahtumschlingungen 12 (23 %) Falschgelenke sah, gibt ihm darin recht.

Ebenfalls wegen mangelnder Stabilisierung werden einige Verfahren der Markraumschienung abgelehnt, wie die Kirschner'sche Markdrahtung (MÜLLER u. a., SANDER/STAUDE, WITT/FRIEDEBOLD) sowie die Bündelnagelung nach Hackethal und die Herzog'sche Nagelung (MAURATH, NABAVI²).

Mit Ausnahme von HOLLE betrachten alle Autoren die bei gelenknahen Frakturen erfolgreich anwendbare Rushpinnung als ungeeignet zur Behandlung von Schaftbrüchen (MAURATH, PROBST¹, SANDER/STAUDE, WITT/FRIEDEBOLD). Das Grundprinzip des Rushpin, die auf seiner Elastizität beruhende dynamische Verspannung um Markraum, bedingt gleichzeitig auch den entscheidenden Nachteil, die Unmöglichkeit, den von außen einwirkenden Kräften Widerstand entgegenzusetzen (BERNHARD). Dadurch kommt es zur Unruhe im Bruchspalt. Nur das gleichzeitige Einschlagen zweier Rushpins ist ein aussichtsreicherer Weg (EHRlich).

Die Implantation von Platten oder Schrauben ohne Druckanwendung, die Lane'sche bzw. Lambotte'sche Methode, führt häufig zu Mißerfolgen und ist als Behandlungsverfahren überholt (LANGE³). Neben der Druckosteosynthese der AO gilt heute die Küntschernagelung als die am meisten erfolgversprechende Methode. Sie eignet sich besonders für Quer- und kurze Schrägfrakturen in Schaftmitte (HOLLE, PROBST¹, NABAVI²). Bei anderen Bruchformen, z. B. Trümmer- oder langen Schrägbrüchen, kann ihre Anwendung zu Komplikationen führen.

Die wichtigste Ursache für das Versagen von Osteosynthesen liegt nach allgemeiner Auffassung in der mangelhaften Ausführung der Operation selbst. BÜRKLE DE LA CAMP schreibt: "Die größte Gefahr in der operativen Knochenbruchbehandlung ist der technische Fehler, den der auf diesem Gebiet nicht ganz sachverständige Operateur macht." Für einen Mißerfolg sind daneben auch ärztliche Polypragmasie und Ungeduld verantwortlich (LANGE³, MATZEN).

c) Metallurgische Ursachen

Die "Verkenntung einfacher handwerklicher Grundregeln" (LEITZ⁴) zieht einen anderen verhängnisvollen Behandlungsfehler nach sich: die Implantation eines im jeweiligen Fall ungeeigneten metallischen Fremdkörpers. Sie äußert sich wiederum in der primären Unstabilität der Osteosynthese (CONTZEN, WAGNER).

Plättchen, Drähte und Schrauben ohne Kompression sind, wie oben erwähnt, völlig ungeeignet. Einen sehr großen Anteil der mißlungenen Osteosynthesen machen neben un stabilen Rushpinnungen die Markraumschienen aus, seltener wegen unpassender Länge, fast immer jedoch wegen zu geringen Durchmessers der Implantate (BÖHLER¹, LEITZ⁴, RICHTER, WEHNER¹). Nach Untersuchungen von BAUDER steigt die mechanische Festigkeit des Marknagels mit der 3. bis 4. Potenz seines Querschnitts. Eine Miß-

achtung der Forderungen KÜNTSCHERS⁴ hinsichtlich der Wahl des passenden Nagels- genaues Ausmessen des Markraumes durch in 2 Ebenen angefertigte Röntgenbilder, Aufbohrung, Einbringung eines möglichst dicken Implantates - führt zur übermäßigen mechanischen Beanspruchung der ungenügenden Allenthese und damit häufig zu ihrer Verbiegung oder zum Bruch. Die Angaben über die prozentuale Häufigkeit von Materialbrüchen bei Osteosynthesen schwanken in der Literatur: BITKA 12 %, BRISKIN 2,5 %, CERZEN 0,5 %.

Diese Komplikation beruht auf einem Vorgang, der ebenfalls zum Mißlingen von Osteosynthesen beiträgt: der Wechselwirkung zwischen Implantat und Lager. Nach NICOLE übt das Metall 4 verschiedenartige Wirkungen auf das umgebende Gewebe aus, eine biologische, eine mechanische, eine chemische und eine physikalisch-chemische. Dem physikalisch-chemischen Effekt liegt das Bestreben der durch Verhüttung in den passiven Zustand gebrachten Metalle zugrunde, ihre ursprüngliche aktive Form als Salze oder Oxyde wiederzugewinnen (BRUSSATIS/NONHOFF). Die Passivierung des Stahls führt dazu, daß an der Metalloberfläche alle Elektronen gebunden und damit reaktionsunfähig werden (GRAFF). Im aktiven Zustand ist der Fremdkörper besonders an-

fällig gegenüber der als "Zersetzung des Metalls durch innere Vorgänge" (NICOLE) definierten Korrosion. Sie beruht auf der Bildung eines galvanischen Elements und setzt daher zweierlei voraus: ein elektrisch leitfähiges Medium und 2 Metalle mit unterschiedlichem Spannungspotential. Der erstere, "exogene" Faktor der Korrosion gründet sich auf örtliche Schwankungen von pH-Wert und Sauerstoffpartialdruck im Lagergewebe. Die "endogene", auch als Autokorrosion bezeichnete Komponente, beruht entweder auf Materialfehlern (Inhomogenität, nichtmetallische Einschlüsse) oder unsachgemäßer Behandlung und Verwendung der Implantate. Diese Behandlungsfehler führen infolge der Zerstörung des Oxydfilms zur sog. Face- oder Kontaktkorrosion. Durch Überschreitung der Elastizitätsgrenze in mechanisch überforderten Allenthesen kommt es zur Spannungskorrosion (BRUSSATIS/NONHOFF). Von FRANK durchgeführte metallurgische Untersuchungen makroskopisch geschädigter Implantate ergaben, daß in 70 % der Fälle schlechte Stahlqualität und in 30 % Fehler bei der Osteosynthese für die Korrosion verantwortlich waren.

Unter der Metallose versteht NICOLE die oben angeführten Einwirkungen des Fremdkörpers auf das Gewebe. Mit verfeinerten histotopochemischen Methoden konnte SEYFARTH selbst bei Verwendung sog. chirurgisch "ein-

wandfreier" Stahlsorten Metallsulfidniederschläge in einem Lagergewebe nachweisen, das sonst keinerlei Schäden aufwies. Eine korrodierte Allenthesen verursacht dagegen, wie ELTZE, STRAUMANN, WAGNER u. a. nachwiesen, aseptische Entzündungserscheinungen mit spektralanalytisch nachweisbaren Ablagerungen phagozytierter Metalloxydpartikel. Oft sind auch schon im Röntgenbild Osteolysen erkennbar.

Die Minderung der Gewebsvitalität und die lokale Änderung von pH-Wert und Sauerstoffgehalt auf Grund der Entzündung begünstigen wieder die Bildung eines Lokalelements und damit die Korrosion. Daraus ergibt sich ein Circulus vitiosus.

Die Angaben einiger Autoren über die Korrosionshäufigkeit bei verschiedenen Osteosynthesemitteln gibt Tabelle 1 (S. 14) wieder. Daraus ist ersichtlich, daß bei gleichzeitiger Einbringung mehrerer Metallteile die Korrosionshäufigkeit stark ansteigt, auch bei Verwendung der als gewebsfreundlich erachteten austenitischen Metalle. Die Korrosion wird zwar, wie BRUSSATIS/ NONHOFF nachwiesen, bis zu einem bestimmten Ausmaß vom Körper toleriert, treten jedoch noch andere, die Gewebsvitalität mindernde Faktoren hinzu, so kann der Erfolg der Osteosynthese dadurch infrage gestellt sein.

Osteosynthesematerial	Autor	Korrosions- häufigkeit (%)
Marknagel	KNOCH	1,6
	RICHTER	10
Verbogene bzw. gebro- chene Marknägel	RICHTER	100
Schraube	SCALES	25
Schraube u. Lasche	SCALES	85
AO Platte und Schraube	RICHTER	80
	BRUSSATIS/ NONHOFF	100

Tabelle 1: Korrosionshäufigkeit bei verschiedenen
Osteosynthesematerialien

d) Verfrühte Entfernung des Fremdkörpers

Das Implantat kann noch in anderer, für diese Arbeit besonders wichtiger Hinsicht über den Erfolg der Osteosynthese entscheiden: durch die zum richtigen Zeitpunkt erfolgende Entfernung des Fremdkörpers. Die Indikation zu diesem Eingriff sieht MÜLLER¹ weniger in der vom Metall hervorgerufenen Gewebsschädigung (KUNER, RÜNNE) als in der Tatsache, daß der Knochen seine ursprüngliche Elastizität erst nach der Metallentfernung wiedergewinnt. Für die Terminwahl entscheidend ist nach allgemeiner Auffassung (ALLGÖWER¹, KUNER, MÜLLER¹) nur die im Röntgenbild sichtbare homogene knöcherne Strukturierung der Frakturzone und nicht der Kalender.

Im allgemeinen zeigt sich dieser Röntgenbefund 1 1/2 bis 2 Jahre nach der Osteosynthese. AO-Platten sollen etwa so lange im Knochen belassen werden (MÜLLER¹). Küntschernägel können nach KUNER ungefähr nach einem Jahr, nach HOLLE dagegen schon etwa 3 Monate postoperativ extrahiert werden. Drahtschlingen dürfen im Gegensatz dazu wegen ihrer durchblutungshemmenden Wirkung nur so kurz wie möglich belassen werden (LABES, KUNER: 6 - 8 Wochen).

Wird das Osteosynthesematerial zu früh - vor Eintritt der knöchernen Konsolidierung - entfernt, so kommt es zu schweren Störungen des Heilverlaufes; bei verspäteter Entfernung dagegen kann sich das Implantat als Folge einer hochgradigen Metallose lockern (V. LÜDINGHAUSEN u. a.), oder es treten Refrakturen auf, da der durch den metallischen Kraftträger weitgehend entlastete Knochen der Beanspruchung nicht mehr gewachsen ist (SCHENK/J. MÜLLER).

Wie häufig Osteosynthesen auf Grund verfrühter Metallentfernung mißlingen, ist in der mir zugänglichen Literatur nicht angegeben.

e) Infektion

Zu den Gefahren einer Osteosynthese zählen weiterhin die oberflächliche und die tiefe Infektion, als deren

Erreger nach BERENTHEY meist penicillinresistente Staphylokokken auftreten. Röntgenologisch zeigt sich eine Osteomyelitis an Sequester- und Defektbildungen. LANGE³ gibt die Häufigkeit dieser Komplikation - unter Ausklammerung von Kriegsverletzungen - mit 2 % für die Marknagelung und FRANK mit 1,6 % bei Rushpinungen an. Im Rahmen dieser Arbeit kommen nur Fälle zur Sprache, bei denen die Osteosynthese auf Grund anderer Ursachen mißlungen war.

f) Falsche postoperative Behandlung

Während alle oben angeführten Gründe für das Versagen von Osteosynthesen in direktem Zusammenhang mit dem operativen Eingriff stehen, kann unabhängig davon allein eine fehlende oder unzweckmäßige postoperative Behandlung das gleiche schlechte Ergebnis bringen. Zu den ungeeigneten Maßnahmen, die die Frakturenkrankheit noch verstärken und die Heilungsaussichten mindern, gehören nach übereinstimmender Auffassung (BÖHLER¹, KINDLER, THORBAN u. a.) Massagen und passive Bewegungsübungen. Ebenso negativ auf Durchblutung und damit Vitalität des Knochens wirkt sich die fehlende Muskel-tätigkeit aus (TRUETA). Bezüglich der Bedeutung der postoperativen Therapie gilt: "Frakturbehandlung ohne Übungsbehandlung ist unvollständig" (PROBST¹).

2) Reosteosynthese

Die Erfolglosigkeit einer Osteosynthese zeigt sich entweder am Ausbleiben der Heilung und damit als Pseudarthrose oder als Fehlstellung der verknöcherten Fraktur. Einigkeit herrscht in der Literatur darüber, daß eine Therapie dieser Fehlerergebnisse in der Regel nur auf operativem Weg möglich ist. Absolute Indikationen zum Korrektureingriff bilden nach WITT¹ Beschwerden und Funktionsuntüchtigkeit der verletzten Extremität.

a) Indikationen

aa) Das Falschgelenk

Die Pseudarthrose kann von verschiedenen Gesichtspunkten aus definiert werden (LAUBE). Funktionell drückt sie nach PAUWELS² ein Mißverhältnis zwischen der Belastbarkeit des Knochens und seiner Fähigkeit zur Kallusbildung aus. Der vom Pathologen als das "Ausbleiben der knöchernen Heilung" gekennzeichnete Endzustand äußert sich klinisch nach BLOCK/GULEKE in der abnormen Beweglichkeit an der Bruchstelle, röntgenologisch in der Abdeckelung der Markhöhle sowie der Sklerosierung der Fragmentenden und der Unterbrechung des periostalen Kallus (WITT¹). Schwierigkeiten bereitet wegen des ähnlichen klinischen Bildes oft die Abgrenzung zur verzögerten Kallusbildung, da auch zeitliche Kriterien für die Diagnostizierung eines Falschgelenks unzuver-

lässig sind (GELBKE, KÖHL). Man spricht jedoch heute im allgemeinen dann von einer Pseudarthrose, wenn nach 5 (WELLER¹) bzw. 6 Monaten (LOB/PROBST) keine Hinweise auf eine Verknöcherung vorliegen.

Aufgrund pathologisch-anatomischer Gesichtspunkte unterscheiden HOLLE, LEXER, REHN, WITT¹, u. a. 3 Formen von Falschgelenken: einmal die straffe fibröse oder gemeine Pseudarthrose. Die Funktion ist hier bei wenig belasteten Gliedmaßen häufig ausreichend. Der schmale Bruchspalt und das ihn ausfüllende derbe Bindegewebe lassen nur geringe Wackelbewegungen zu (WITT¹). Dieses ausreichend vaskularisierte Bindegewebe - nach KROMPECHER¹ ein Faserknorpelkallus - enthält mesenchymale Zellen mit osteogenetischer Potenz, die sich unter günstigen Bedingungen zu Osteoblasten ausdifferenzieren (LEITZ³).

Bei der schlaffen fibrösen Pseudarthrose dagegen fehlen diese Regenerationsmöglichkeiten. Im klinischen Bild herrschen aufgrund von gelenkähnlichen Veränderungen am verbreiterten Frakturspalt ausgedehnte pathologische Beweglichkeit und schwere Funktionsstörungen vor (REHN).

Die Defektpseudarthrose schließlich, aufgrund traumatischen Gewebsverlustes oder häufig als Folge von Osteomyelitiden auftretend, zeigt röntgenologisch eine

wechselnde, von Narbengewebe ausgefüllte Dehiszenz der Bruchstücke und periostale Spornbildungen, klinisch weist die betroffene Extremität oft stärkste Deformierung auf.

Praktisch wichtiger ist die von einigen Autoren (PROBST⁴, SANDER/STAUDE, WELLER¹, WITT/FRIEDEBOLD) in neueren Veröffentlichungen (1966-68) getroffene Einteilung der Falschgelenke in straffe (hypertrophische) und Defekt- (atrophische) Pseudarthrosen, da sie dem Behandelnden sofort den jeweiligen therapeutischen Weg weist (WELLER¹, WITT/FRIEDEBOLD). Die Entstehung des Falschgelenks erklären BÖHLER⁴, WITT/FRIEDEBOLD damit, daß die nach jeder Fraktur zeitweise auftretende osteolytische Komponente in besonders starkem Maß wirksam bleibt, während die Knochenregeneratoren direkt oder mangels Blutzufuhr geschädigt werden. Als Ursache gilt übereinstimmend die auf einseitig wirkende Druck-, Zug- und Scherkräfte zurückzuführende Unruhe im Bruchspalt. Von KROMPECHER¹ sowie SCHENK/J. MÜLLER durch unzureichende Ruhigstellung experimentell erzeugte Falschgelenke liefern den Beweis hierfür.

Diese mechanische Unruhe, auf deren Gründe im vorhergehenden Kapitel schon eingegangen wurde, ist nach allgemeiner Auffassung die wichtigste unter den loka-

len Ursachen von Pseudarthrosen. Dazu zählen weiter: ungünstige Durchblutungsverhältnisse, Weichteilinterposition, Sperrwirkung des Nachbarknochens an zweiknochigen Skelettabschnitten, Dislokation der Fragmente sowie Infektion. Allgemeine Faktoren dagegen, wie Stoffwechselkrankheiten, hormonelle Dysfunktionen, Durchblutungsstörungen, chronische Stoffwechselstörungen u. a., spielen nur eine untergeordnete Rolle (BIALECKI, EHALT, MATTI, WITT¹, u. a.).

Falschgelenke treten nach Statistiken von OSTAPOWICZ und SANDER/STAUDE bevorzugt bei Quer- und Trümmerbrüchen auf.

Die Angaben über die Häufigkeit von Pseudarthrosen unter Ausklammerung von Kriegsverletzungen schwanken in der Literatur (siehe Tabelle 2).

Jahrgang	Autor	Pseudarthrosenhäufigkeit (%)
1927	CAMBELL	0,04
1933	MAGNUS	0,69
1933	HANSEN	2,90
1934	LANGENSKJÖLD	2,05
1962	OSTAPOWICZ	0,54

Tabelle 2: Häufigkeit der Pseudarthrosen-
bildung

1962	BIALECKI	2,25
1964	SANDER/GRAFE (offene Frakturen)	4
1968	SANDER/STAUDE (Frakturen insgesamt)	1,36

Tabelle 2 a: Häufigkeit der Pseudarthrosen-
bildung bei langen Röhrenknochen

Von BÖHLER¹ operierte Brüche verheilten nur in 0,19 % pseudarthrotisch; WILLENEGGER¹ fand dagegen bei der Nachuntersuchung von operierten Frakturen der Röhrenknochen in 7,3 % Falschgelenke. Den Grund für die Zunahme von Pseudarthrosen sieht BÖHLER¹ in der steigenden Operationsfreudigkeit. REHN² fand bei der Auswertung von rund 1500 Falschgelenksfällen, daß etwa 35 % nach operativer Therapie entstanden waren. Die von SANDER/STAUDE 1968 veröffentlichte, die langen Röhrenknochen betreffende Aufstellung, wonach bei konservativer Therapie in 1,1 % und bei operativem Vorgehen in 2,2 % der Fälle Pseudarthrosen auftraten, entspricht nach den Angaben dieser Autoren den größeren Statistiken. Ein derartiger Vergleich kann jedoch zur Wertung der Osteosynthese nicht herangezogen werden, da nur schwerere, von vornherein ungünstiger gelagerte Fälle zur Operation kommen (BAKO).

Die Häufigkeit der Falschgelenkbildung bei einzelnen Osteosynthesemethoden gibt Tabelle 3 wieder.

Methode	Autor	Zahl	Pseudarthrosen	
			Zahl	%
Drahtum- schlingung	LANGE ³	52	12	23
Rushpinnung	FRANK	61	2	3,3
Marknagelung	MEYER- FLEMMING	2530	21	0,83

Tabelle 3: Häufigkeit der Pseudarthrosenbildung bei einzelnen Osteosyntheseverfahren

Von BIALECKI, GENEWEIN, SANDER/STAUDE, VERBEEK liegen, was die Verteilung der Pseudarthrosen auf die einzelnen Skelettabschnitte betrifft, ähnliche Statistiken vor. Danach ist der Unterschenkel am stärksten (43 - 48 %) betroffen, gefolgt vom Unterarm (26 - 42 %), Oberarm (10 - 22 %) und Oberschenkel (0 - 5 %).

bb) Fehlstellung

Während über das Vorkommen von Pseudarthrosen in der hier zugrunde liegenden Literatur genaue Zahlen vorliegen, fehlen derartige Statistiken über das 2. Indikationsgebiet der Reosteosynthese, die fehlgeheilten Brüche. Lediglich NONNEMANN schreibt, daß Drehfehler

"relativ selten" vorkommen. Sie treten bevorzugt nach glatten Quer- und Trümmerbrüchen auf und sind röntgenologisch nicht zu erkennen (WITT/FRIEDEBOLD).

Daneben spielen vor allem die Dislocatio ad latus bzw. die Dislocatio ad axin eine wichtige Rolle, d. h. die stufenförmige Unterbrechung bzw. Knickung der Längsachse des Knochens (WITT/FRIEDEBOLD).

Das klinische Bild richtet sich nach der Form der jeweiligen Fehlstellung und reicht von vorzeitiger Muskelermüdung, Schmerzen und Bewegungseinschränkung bis zu Brückenkallusbildung und schweren Arthrosen. An der oberen Extremität kommt es jedoch selten zum Vollbild der Erscheinungen, so daß eine Korrektur nicht immer notwendig ist (J. BÖHLER, LOB/PROBST, NONNEMANN).

Als häufige Ursache nennt ILLES die unzulängliche Behandlung. Die Therapie besteht in der als "operative Durchtrennung eines Knochens zur Beseitigung von Fehlstellungen" (WACHSMUTH) definierten Osteotomie. Sie soll nach ILLES V- oder Z-förmig durchgeführt werden, da Quer- oder Schrägdurchtrennungen wegen Pseudarthrosegefahr mit größerem Risiko verbunden sind. Eine stabile Osteosynthese vereinigt die Fragmente.

b) Methoden

Beim operativen Vorgehen sind 2 beim osteotomierten wie beim pseudarthrotischen Knochen vorhandene Schwierigkeiten

rigkeiten zu meistern (BROICHMANN, FUCHS, LANGHAGEL, REHN): einmal das mechanische Problem der absoluten Ruhigstellung bis zur Verknöcherung. Durch den erfolglosen ersten Behandlungsversuch ist die verletzte Extremität in vielen Fällen - Literaturangaben schwanken von 0 bis 90 % - von der im deutschen Schrifttum als Sudeck-Syndrom bezeichneten Frakturkrankheit betroffen (THORBAN). Auf Grund neurogener Permeabilitäts- und Durchblutungsstörungen kommt es an den Weichteilen zu Ödemen, am Knochen zur Osteoporose und an den Gelenken zur Einschränkung der Beweglichkeit. Eine Immobilisation im Gipsverband nach der Reosteosynthese würde diese Symptomatik noch verstärken. Es muß daher ein Operationsverfahren gewählt werden, das den Knochen unter Verzicht auf äußere Fixationsmittel zuverlässig ruhigstellt und gleichzeitig eine aktive, regenerationsfördernde Übungsbehandlung zuläßt.

Das 2. Problem bringt in biologischer Hinsicht die Neuentfaltung der osteogenetischen Potenz am Bruch- bzw. Osteotomiespalt mit sich. Im ersatzschwachen Lager, also bei Minderdurchblutung und atrophischen Falschgelenken, muß die Knochenneubildung durch eine Spanverpflanzung angeregt werden. Eine erfolgreiche Behandlung aller Pseudarthrosen erfordert da-

her nach LEITZ³ die Unterscheidung in hyper- und atrophische Formen.

Während bei früher gebräuchlichen Methoden wie Beck'scher und Dieffenbach'scher Bohrung sowie der Aufspaltung nach Kirschner und der Längsdurchsägung nach Brandes die Osteogenese durch Zertrümmerung der Fragmente entfacht werden sollte (MATZEN, OSTAPOWICZ), geschieht dies bei den modernen Behandlungsverfahren durch auto-, homoio- oder heteroplastische Knochen-
transplantate. Nach Untersuchungen von AXHAUSEN, LEXER, VITALLI, WITT/FRIEDEBOLD erfährt jeder Span dabei einen vollständigen Umbau. Die Vorgänge bei der Einheilung unterscheiden sich jedoch je nach der Herkunft des Fremdkörpers. So beteiligt sich der Eigen-
im Gegensatz zum Fremdspan durch überlebende Osteoblasten aktiv an der Knochenregeneration. Insgesamt ähnelt der Einbau des autologen Implantates nach VITALLI histologisch dem Ablauf der kallösen Frakturheilung, während beim Fremdspan eine allergische Reaktion des Lagers vorliegt. Daher sind homoio- und heteroplastische Implantate einzig im ersatzstarken Lager und folglich für Pseudarthrosen nur in begrenztem Maß erfolgreich verwendbar (AXHAUSEN, LENTZ, LEXER, MEZNIK, SIEBER).

Nach einer Statistik von GÖPFERT aus dem Jahr 1963 mißlingen im UKM 20 % der Spanverpflanzungen bei Verwendung vorwiegend von Kieler Spänen. Das zeigte sich entweder am Ausbleiben der Heilung oder an Knochen-eiterungen.

Die vor einigen Jahren noch als "Methode der Wahl" (EHALT, 1961) in der Falschgelenkbehandlung vorgenommene subperiostale Spananlagerung nach Phemister findet heute oft bei den sog. kombinierten Verfahren, d. h. Knochenverpflanzungen und Osteosynthese, Anwendung.

Als die besten, von Fall zu Fall mit einer Spananlagerung zu verbindenden Methoden gelten heute 2 Verfahren: die Marknagelung nach KÜNTSCHER und die Osteosynthese der AO (J. BÖHLER, HEINEMANN, LANGE¹, LAUBE, LEITZ³, LOB/PROBST, REHN¹, SANDER/STAUDE, WITT²), gegebenenfalls in der Form der Kompressionsosteosynthese.

Die Markraumschienung von Pseudarthrosen kann, wenn keine Fehlstellung vorliegt und eine Knochenverpflanzung überflüssig ist, auch geschlossen, d. h. ohne Angehen der Bruchstelle, vorgenommen werden. LEITZ³ wertet sie (1968) als "unübertroffen" bei der Behandlung von Falschgelenken in Schaftmitte.

Da sich die Therapie von Pseudarthrosen und Fehlstellungen seit der Einführung der modernen Methoden ge-

ändert hat, werden in älteren Veröffentlichungen oft Verfahren der Markraumschienung empfohlen, die heute nicht mehr oder nur in bestimmten Fällen geübt werden. Zu diesen zählt die Kirschner'sche Markdrahtung, die noch bedingt bei Schlüsselbeinfalschgelenken anwendbar ist (LOB/PROBST), aber allmählich verdrängt wird (EVERKE/KINJ, PROBST⁵). Der Herzognagel eignet sich nach WITT² vor allem für Unterschenkelfalschgelenke. HOLLE empfiehlt die Rushpinnung, dagegen lehnt WITT² sie ab, und SANDER/STAUDE bezeichnen sie bei Verwendung eines Nagels als "fehlerhafte Methode".

Die drei letztgenannten Verfahren der Markraumschienung erfüllen eines der beiden Gebote der Reosteosynthese nicht, die absolute Ruhigstellung der Bruchstücke ohne äußere Fixation. Dieser Forderung kommt am besten die Osteosynthese der AO entgegen. Hier wird durch Einbringung von geeigneten Platten und Schrauben, gegebenenfalls unter Druckanwendung, eine stabile Osteosynthese erzielt. Die bei anderen Verfahren oft notwendige Anfrischung der Bruchenden entfällt, Spanverpflanzungen sind nur in etwa 1/3 der Fälle angezeigt (MÜLLER²). Das Prinzip der AO wird von J. BÖHLER, WITT/WALCHER für besonders schwere, z. B. mehrfach erfolglos voroperierte Fälle empfohlen und gilt heute als eine der besten Therapieformen für

Pseudarthrosen (FRANKE, GENEWEIN, MITTELBACH, MÜLLER², PROBST⁴), wie Tabelle 4 zeigt. Sie gibt einen Überblick über die Behandlungsergebnisse von Pseudarthrosen aller Röhrenknochen bei verschiedenen Autoren.

Verfahren	Autor	Fälle	Geheilt		nicht geheilt	
			Zahl	%	Zahl	%
Rushpin- nung	SANDER/ STAUE	21	18	85,7	3	14,3
Küntscher- nagelung und AO	HEINEMANN	86	83	96,5	3	3,5
AO	MÜLLER ²	100	100	100	0	0
	GENEWEIN	27	27	100	0	0
	SANDER/ STAUE	2	2	100	0	0

Tabelle 4: Behandlungsergebnisse bei Pseudarthrosen

OSTAPOWICZ gibt 1962 den Prozentsatz der von ihm in 24 Jahren mit operativen Methoden erfolgreich behandelten Pseudarthrosen mit 86 % an, SANDER/STAUE verzeichneten nach Anwendung verschiedener Osteosyntheseverfahren in 88,5 % eine Ausheilung. Ergebnisse über die Therapie von Fehlstellungen sowie speziell über tertiäre Reosteosynthesen liegen - außer von PROBST⁶ - nicht vor.

II. Allgemeines über die tertiären Reosteosynthesen aus dem Krankengut des UKM

In den Jahren 1953 - 69 wurden im UKM bei 23 Patienten insgesamt 26 tertiäre Reosteosynthesen im Schaftbereich von Schlüsselbein, Oberarm und Unterarm vorgenommen. In 7 Fällen erforderten zusätzliche Pseudarthrosen bzw. Fehlstellungen am Nachbarknochen des Unterarms eine operative Therapie. Sie bestand 5 mal in Erstosteosynthese nach konservativer Vorbehandlung und in 2 Metallauswechslungen.

Indikationen zu den Tertiärversorgungen waren 24 gesicherte Falschgelenke und eine Fehlstellung. In einem Fall erfolgte der Korrektureingriff nach Refraktur eines vorher als "knöchern fest verheilt" beschriebenen Bruchs, wobei sich während der Operation zeigte, daß der Frakturspalt nur mit Bindegewebe ausgefüllt war. 17 mal lag bei pseudarthrotischen Knochen gleichzeitig eine Fehlstellung vor.

Die Brüche entstanden 11 mal aufgrund eines Arbeits- und ebenso oft nach einem Wegeunfall. Ein Patient verunglückte auf einer Privatfahrt. Bei den Verletzten handelte es sich um 18 Männer und 5 Frauen. Das Durchschnittsalter zur Zeit des Unfalls betrug 33,8 Jahre (15 - 55).

Die Fraktur betraf 11 mal den linken und 12 mal den rechten Arm. Bei 14 Patienten lag ein geschlossener

Bruch vor, 9 mal war eine offene Fraktur mit zum Teil erheblichen Weichteil- und Nervenverletzungen vorausgegangen.

Häufigste Bruchformen waren der Quer- und der kurze Schrägbruch (17 mal), gefolgt vom Trümmerbruch (6) und dem langen Schräg- bzw. Biegebungsbruch (3). 21 Frakturen lagen im mittleren Knochenabschnitt, 3 im unteren und 2 im oberen Schaftdrittel. Diese Befunde entsprechen den Literaturangaben.

Von den Knochen der oberen Extremität waren in 2 Fällen das Schlüsselbein, 4 mal der Ober- und 17 mal der Unterarm betroffen. 17 Patienten erlitten Nebenverletzungen, die in Tabelle 5 aufgeführt sind.

Art der Verletzung	Zahl
Nervenschädigung (Radialis)	3
Zusätzliche Fraktur an der gleichen Extremität	3
Zusätzliche Fraktur anderer Knochen	4
Weichteilverletzungen an der betroffenen Extremität	7
Anderweitige Weichteilverletzungen	9
Commotio	4
Schock	6

Tabelle 5: Nebenverletzungen von 17 Patienten

In 15 Fällen ging man therapeutisch zunächst konservativ vor. Nach zum Teil mehrmaliger Reposition (7 Fälle) oder Drahtextension (3) wurden die Frakturen im Gipsverband ruhiggestellt. Unter Vernachlässigung eines stark abweichenden Wertes betrug die Dauer dieser konservativen Behandlung durchschnittlich etwa 64 Tage. Die Erstosteosynthese erfolgte 8 mal am Unfalltag bzw. einen oder 2 Tage später, bei den konservativ vorbehandelten Fällen im Mittel nach 158,5 (8 - 923) Tagen. Indikationen zu diesem Eingriff waren 7 mal die schlechte Fragmentstellung und 4 mal eine Pseudarthrose. Bei den 8 unmittelbar nach dem Unfall operierten sowie bei 4 weiteren Patienten fehlen Angaben darüber in den Akten. Die Operationen wurden in 20 Fällen auswärts und 3 mal im UKM vorgenommen.

An Methoden kamen für 26 tertiär versorgte Knochen zur Anwendung: 22 Markraumschienenungen - 8 Küntscher- und 5 "Marknagelungen", 5 Rushpinnungen, je 2 "Markschienenungen" bzw. "Markdrahtungen" - 1 Drahtumschlingung, 1 mal "Fixation mit Plättchen und Draht" sowie 2 AO-Osteosynthesen. Bei 4 Patienten wurde im Anschluß an die Erstosteosynthese vor der Aufnahme ins UKM noch jeweils mindestens eine weitere Operation durchgeführt, darunter 3 mal Spanverpflanzung, 1 mal mit Beck'scher

Bohrung und Drahtumschlingung kombiniert. In einem Fall war die Art des erneuten Eingriffs aus den Akten nicht ersichtlich.

Angaben über Komplikationen von seiten der Allenthesen liegen bei 11 von 26 Tertiärversorgungen vor. Es finden sich: 4 mal Verbiegung bzw. Bruch, 1 mal Korrosion sowie 2 mal Lockerung des Fremdkörpers. In einem Fall verursachte das Implantat eine Knochensprengung, 3 mal lagen Weichteilirritationen, 2 mal Metallosen des Lagergewebes vor.

Allenthesen wurden in den 22 Fällen, bei denen der Termin genannt ist, durchschnittlich nach 175 (40 - 689) Tagen entfernt, also nach den oben angeführten Angaben zu früh. Die Indikation zu diesem zweiten Eingriff ist nur bei 14 Tertiärversorgungen in den Akten festgehalten. Sie berücksichtigte meist nicht, wie allgemein gefordert, die Verknöcherung als entscheidenden Gesichtspunkt. 7 mal machten Komplikationen von seiten des Fremdkörpers den Eingriff notwendig, je 3 mal war der Anlaß dazu "klinische Festigkeit eines noch nicht vollständig verknöcherten Bruches" bzw. "knöcherne Ausheilung" aufgrund falscher Deutung von Röntgenbildern. In 2 Fällen ließ gerade das Fehlen von Kallus dem Erstbehandelnden eine Entfernung "zur Vermeidung einer eventuellen Pseudarthrose" als notwendig erscheinen.

Bei 6 der insgesamt 20 auswärts erstoperierten Patienten zeigte sich das Falschgelenk vor oder während der Reosteosynthese im UKM. In 14 Fällen wurde es schon vom Erstbehandelnden erkannt. Die Diagnose "Pseudarthrose" wurde durchschnittlich 300 Tage (40 - 1761) nach dem Primäreingriff gestellt.

Hauptgrund für den Mißerfolg war die Unruhe im Bruchspalt, die sich wenigstens 3 mal an Hand überschüssiger Kallusbildung zeigte. Sie beruhte, übereinstimmend mit dem Literaturteil, auf folgenden Ursachen:

- Anwendung unstabiler Methoden, wie Drahtumschlingung (1 mal), "Markschienung" (3 mal), sowie Rushpinnung von Schaftfrakturen (5 mal);
- Einbringung ungenügend fixierender Fremdkörper, z. B. "Plättchen mit Draht", oder zu dünner Küntschernägel (mindestens in 4 Fällen);
- ungenügende Beherrschung der operativen Technik, was zum Ausbruch des Fremdkörpers aus dem Knochen (1 mal) oder Frühlockerung einer mangelhaft befestigten AO-Platte (1 mal) führte;
- Metallentfernung zum falschen Zeitpunkt, entweder zu spät - in einem Fall von Drahtumschlingung erst 1/2 Jahr postoperativ - oder meistens verfrüht (14 mal). Hier wurden die Fälle, bei denen Komplikationen von seiten des Metalls eine vorzeitige Entfernung notwendig machten, nicht berücksichtigt.

Das letzte Röntgenbild vor dem Eingriff ergab bei 8 der 14 Frakturen keine oder nur geringe Anzeichen der Verknöcherung. 3 mal beruhte die verfrühte Entfernung, wie oben angeführt, auf einer falschen röntgenologischen Diagnose. In 3 der 14 Fälle liegen keine Angaben über die letzten Röntgenbefunde vor der Metallextraktion vor.

- Schließlich waren in einem Fall fehlende Einsicht und Mangel an aktiver Mitarbeit des Patienten für das Mißlingen der Erstosteosynthese verantwortlich.

Die durchschnittliche Behandlungsdauer bis zur Aufnahme ins UKM betrug, soweit verwertbar (22 mal), durchschnittlich 376 Tage (24 - 1635). Bis zum Beginn der tertiären Reosteosynthesetherapie waren die Patienten im Mittel ca. 13 Monate lang (79 - 1635 Tage) behandelt worden.

Die Aufnahme im UKM erfolgte 410 Tage (24 - 1635) nach dem Unfall und etwa 353 Tage (68 - 894) nach der Erstosteosynthese. Bei den 24 sicheren Falschgelenkfällen handelte es sich um 19 hypertrophische und 5 atrophische - darunter 2 Defektpseudarthrosen.

Als Ausdruck der schweren Schädigung der verletzten Extremität fanden sich ferner in 12 Fällen Entkalkung bzw. ein Sudecksyndrom, sowie Muskelminderung (18 mal) und Funktionseinschränkung (16 mal). Zur Verbesserung

dieser Verhältnisse wurde bei 8 Patienten zunächst eine Übungsbehandlung durchgeführt.

Die tertiäre Reosteosynthese erfolgte, soweit feststellbar (22 mal), durchschnittlich 238 Tage (7 - 1209) nach der Metallentfernung. Zwischen 1953 und 1962 wurden nur Markraumschienen vorgenommen, nämlich 8 mal Küntscher- und 1 mal Herzognagelung sowie eine Rushpinnung. Seit 1964 kam nur noch das AO Verfahren zur Anwendung. Neben der Osteotomie einer fehlgeheilten Fraktur wurde bei 17 Pseudarthrosen auch die Korrektur der gleichzeitig bestehenden Fehlstellung durchgeführt. Bei 10 kombinierten Reosteosynthesen verpflanzte man 8 mal Eigen- und 2 mal Tierknochen. Intraoperative Komplikationen traten nur 1 mal in Form einer Nagelverkeilung auf. Der postoperative Verlauf komplizierte sich in einem Fall durch eine fragliche Fettembolie.

Die Wundheilung erfolgte mit Ausnahme einer geringfügigen oberflächlichen Infektion primär. In einem weiteren Fall trat jedoch etwa 16 Monate nach dem Eingriff eine Osteomyelitis auf.

Äußere Ruhigstellung im Gipsverband war insgesamt bei 10 Patienten notwendig, darunter 7 mal nach Markschiene und nur 3 mal nach AO Verplattung.

In allen Fällen wurde nach der Operation eine individuelle Übungsbehandlung durchgeführt in Form von aktiven Bewegungsübungen, Bädern, Massagen, Elektrisieren und Beschäftigungstherapie.

Komplikationen von seiten der Allenthese traten nach der Reosteosynthese in 3 Fällen auf. Es waren je 1 mal Spätlockerung einer Platte, Bruch eines zu dünnen Nagels sowie röntgenologisch nachweisbare Resorption im Bereich des Lagers. In einem weiteren Fall wirkte sich die Resorption nicht negativ aus.

Das knöcherne Implantat heilte bei 4 von 10 Patienten nicht ein, wofür 1 mal eine Osteomyelitis und 2 mal die zum Spanbruch führende Instabilität verantwortlich zu machen sind.

Die durchschnittliche Behandlungsdauer bei der Reosteosynthese betrug in 20 verwertbaren Fällen 156 Tage, bei Markraumschienenungen war sie mit 222 (112 - 333) Tagen mehr als doppelt so lang wie bei AO-Osteosynthesen (durchschnittliche Behandlungsdauer 101 Tage, Minimum 22, Maximum 175 Tage). Diese Tatsache bestätigt Literaturangaben, wonach das AO-Verfahren eine bedeutend kürzere Therapie ermöglicht. Daß die Behandlungsdauer der AO-Patienten mit 101 Tagen dennoch weit höher liegt als bei entsprechend lokalisierten Pseudarthrosefällen von MÜLLER² (12 Tage), geht auf die vor allem in funktioneller Hinsicht zum Teil be-

trächtliche Vorschädigung der gesamten Extremität durch die Erstosteosynthese zurück.

Vor der Entlassung nach dem Tertiäreingriff ergab sich röntgenologisch folgendes Ergebnis: Bei 10 von 26 Tertiärversorgungen konnte über die Knochenneubildung noch keine Aussage gemacht werden bzw. fehlte sie noch. 12 mal ließ sich deutlich bis weitgehend fortgeschrittene knöcherne Durchbauung nachweisen. In 3 Fällen war der Ausheilungsprozeß abgeschlossen, davon 2 mal nach primärer und 1 mal nach sekundärer Ossifikation. Bei einem Patienten zeigte sich die Erfolglosigkeit der Reosteosynthese bereits jetzt, die Pseudarthrose bestand weiter. Neben der Beseitigung der Fehlstellung bei einer deform verheilten Fraktur war bei den 17 Fällen, die neben der Pseudarthrose eine Dislokation aufwiesen, mit einer Ausnahme die Wiederherstellung regelrechter Achsenverhältnisse gelungen.

22 Verletzte gaben bei der Entlassung Beschwerden in Form von Schmerzen (13 mal), mangelnder Kraft (12 mal) und Bewegungsbehinderung (14 mal) an. Den objektiven Befund zeigt Tabelle 6, Seite 38.

3 Patienten erhielten einen orthopädischen Stützapparat. Minderung der Erwerbsfähigkeit (MdE) und erste Dauerrente beliefen sich, soweit zu verwerten (15 mal), durchschnittlich auf etwa 35 %. 6 Patienten verrichteten nach der Entlassung zunächst leichtere Arbeit.

Befund	ja	nein
Sudeck'sche Atrophie bzw. Kalksalzminderung	7	16
Durchblutungsstörung	8	15
Muskelminderung	21	2
Bewegungseinschränkung	20	3
Nervenschädigung	2	21

Tabelle 6: Befund bei Entlassung nach Reosteosynthese

9 der 26 bei der Reosteosynthese implantierten Fremdkörper konnten nach durchschnittlich 414 Tagen (194 - 631) entfernt werden, da der Verknöcherungsprozeß abgeschlossen war. Ein Patient lehnte diesen Eingriff ab. In 3 Fällen machten schon oben erwähnte Komplikationen - Infektion, Bruch und Instabilität des Metalls - die Entfernung nach 794 (217 - 1597) Tagen notwendig. Bei 12 Tertiärversorgungen liegt der metallische Kraftträger nach den letzten Angaben noch.

In 19 Fällen finden sich in den Akten Berichte über den weiteren Krankheitsverlauf; 16 dieser Patienten kamen zur Begutachtung oder Behandlung erneut ins UKM. Die neuesten Befunde der berufsgenossenschaftlichen Akten zeigen folgende Ergebnisse der tertiären Reosteosynthese: abgeschlossene Verknöcherung bei 14 von 25

beurteilbaren Fällen, 6 mal beginnende bzw. weitgehend fortgeschrittene Durchbauung. Die Knochenheilung erfolgte dabei 14 mal primär und 6 mal sekundär. 5 Falschgelenke blieben trotz der Reosteosynthese weiterbestehen, und zwar als Ausdruck der erschöpften Regenerationsfähigkeit des Knochens ausnahmslos als atrophische Pseudarthrosen.

Die Ursachen für den erneuten Mißerfolg waren eine Knocheninfektion und 3 mal Unruhe im Bruchspalt, die in 2 Fällen von einem zu dünnen metallischen Fremdkörper verursacht war. Bei einem weiteren Patienten scheiterte der Eingriff an Uneinsichtigkeit und mangelnder Mitarbeit. Gleichzeitig mit der Pseudarthrose bildeten sich 2 mal erneut Fehlstellungen aus. Bei einem anderen Verletzten kam es aufgrund eines mit Verkürzung ausgeheilten Speichenfalschgelenks zu einem relativen Ellenvorschub, der die Anpassung eines orthopädischen Apparates notwendig machte. Subjektiv ergab sich bei der Nachuntersuchung von 19 Patienten keine wesentliche Änderung der Beschwerden, während objektiv gegenüber den oben angeführten Entlassungsbefunden eine leichte Besserung eingetreten war. So bestanden zwar unverändert bei 20 Verletzten noch Bewegungseinschränkungen, sie waren jetzt jedoch meist weniger deutlich ausgeprägt.

Abschließend ist in Tabelle 7, Seite 41, an Hand der letzten Untersuchungsbefunde ein Vergleich zwischen den Ergebnissen der 2 grundlegenden Methoden der Reosteosynthese wiedergegeben: der Markraumschienung und dem AO-Verfahren.

Diese Tabelle bestätigt Angaben aus dem Literaturteil, wonach sich das Prinzip der AO zur Behandlung schwererer, erfolglos voroperierter Fälle, wie sie hier vorliegen, besonders eignet. Die im Verhältnis zur Verknöcherung nur relativ geringen Unterschiede zwischen den Befunden beruhen darauf, daß die AO-Osteosynthesen ausnahmslos in den letzten Jahren vorgenommen wurden und daß daher mit weiteren Befundbesserungen, wie sie für die weit länger zurückliegenden Markraumschienungen hier schon verzeichnet sind, gerechnet werden kann.

Tabelle 7: Vergleich zwischen den Ergebnissen der Markraumschienung und der AO Druckkosteosynthese an Hand der letzten Befunde

I. Verknöcherung

Verfahren	Markraum- schienung		AO Druckkosteosynthese	
	Zahl	%	Zahl	%
Beurteilbare Fälle	10	100	15	100
Heilung bzw. fortgeschrittene Verknöcherung	5	50	14	93,3
Beginnende Verknöcherung	1	10		
Verknöcherung: primär sekundär	2	33,3	12	80
	4	66,7	2	13,3
Keine Heilung (Pseudarthrose)	4	40	1	6,7

II. Befund

Zahl der Patienten	9	100	14	100
Durchblutungsstörung	4	44,4	2	14,3
Muskelminderung	9	100	12	85,7
Bewegungseinschränkung	9	100	12	85,7
Nervenschädigung	2	22,2	1	7,1
Orthop. Hilfsmittel	2	22,2	2	14,3
Letzte MdE (soweit verwertbar)		31,3		21,4

B. Spezieller Teil

I. Schlüsselbein

1) Besonderheiten bei der Reosteosynthese

Angaben aus der Literatur

Nach übereinstimmenden Statistiken von HOLLE, LILIENBERG, WAHL, WEHNER² betreffen 10 - 15 % aller Knochenbrüche das Schlüsselbein. Im Hinblick auf die Häufigkeit der Fraktur treten Pseudarthrosen relativ selten auf, obwohl die Ruhigstellung oft Schwierigkeiten bereitet (KÜNTSCHER², WITT¹). Den Grund hierfür sehen BAKO, WAHL in der ausgezeichneten Heilungsfähigkeit der Klavikula, die auf ihre embryonale Anlage als desmalen Knochen zurückgeht. So ist das Schlüsselbein nach einer Statistik von BROICHMANN mit nur 4,3 % an allen, bei MÜLLER² mit 3 % an Schaftfalschgelenken beteiligt.

Die Pseudarthrosen liegen vor allem in der Schaftmitte und an der äußeren Drittelgrenze. Hier finden sich die relativ schwächsten Stellen des Knochens. Als eine der Ursachen für die Falschgelenkbildung und Fehlheilung auch nach Osteosynthesen betrachten FRANKE, LILIENBERG, SCHULZ, WITT¹ die unzureichende Retention der Fragmente aufgrund von Muskelkräften. So wird das seitliche Bruchstück durch die Schwere des Armes nach unten und

durch den M. pectoralis major nach vorne innen gezogen, während der M. sterno-cleidomastoideus das mittlere Fragment nach oben bewegt. Brustbein und erste Rippe wirken als Widerlager und begünstigen dadurch die Fehlstellung. Weiterhin bereitet die Therapie infolge der Krümmung des Schlüsselbeins und der Enge des Markraums größere Schwierigkeiten als bei den langen Röhrenknochen (SCHULZ). Zur Osteosynthese eignen sich Drahtumschlingungen und -nähte ebensowenig wie Plättchen und Schrauben. Komplikationen von seiten des Metalls ergeben sich u. a. nach Anwendung der Kirschner'schen oder der Küntscher'schen Methode, wenn der Fremdkörper nicht umgebogen wurde und dadurch wandern kann (KÜNTSCHER¹).

Für die Beurteilung und weitere Therapie ist nach LOB/PROBST sowie KÜNLEN die Anfertigung tangentialer und transthorakaler Röntgenaufnahmen von größter Bedeutung.

Tabelle 8 zeigt die Häufigkeit der Falschgelenkbildung am Schlüsselbein in Abhängigkeit von der Osteosynthesemethode (siehe S. 44). Pseudarthrosen und Fehlstellungen an der Klavikula müssen nur dann behandelt werden, wenn Schmerzen, wesentliche Funktionsausfälle oder Nervenschädigungen vorliegen (LOB/PROBST). Deform verheilte Brüche sollten nach LANGE¹ immer Z-förmig osteotomiert werden, um der Falschgelenkbildung vorzubeugen.

Zur Osteosynthese eignen sich nach neueren Veröffentlichungen weniger Kirschner - Markdrahtung, Rushpinnung und Küntschernagelung, sondern vor allem die AO-Verplattung (EVERKE/KINJ, FRANKE, HOLLE, KÜNTSCHER², LOB/PROBST, MÜLLER², PROBST⁵, SCHULZ, WITT¹), oft in Verbindung mit einer Spantransplantation.

Nach einer Statistik von EVERKE/KINJ ergibt das AO-verfahren bei Schlüsselbeinfalschgelenken die besten Resultate (5 Fälle, 4 mal ein gutes, 1 mal ein befriedigendes Ergebnis). Auch MÜLLER² war damit in jedem von 3 Fällen erfolgreich. 11 Kirschnerdrahtungen brachten dagegen 6 befriedigende und 5 schlechte Resultate, und 7 Rushpinnungen zeigten 2 gute, 2 befriedigende und 3 schlechte Ergebnisse (EVERKE/KINJ).

Methode	Autor	Fälle	Pseudarthrosen	
			Zahl	%
Drahtum- schlingung	KNÖFLER	25	3	12
	BAKO	24	2	8,3
Kirschner- drahtung	GERHARDT	11	0	0
	KNÖFLER	47	1	2,1
	BAKO	31	2	6,4
	SCHULZ	48	0	0

Tabelle 8: Häufigkeit der Pseudarthrosenbildung am Schlüsselbein

2) Tertiäre Reosteosynthesen am Schlüsselbein aus dem Krankengut des UKM

Im UKM wurden innerhalb von 17 Jahren nur 2 Schaft-falschgelenke tertiär versorgt. Dies beruht, wie schon erwähnt, darauf, daß Klavikulapseudarthrosen relativ selten auftreten und daß auch dann eine Therapie häufig nicht notwendig ist (PROBST⁵). Das zeigt sich am Beispiel eines Patienten (14), bei dem nach Rushpinnungen eines Schlüsselbein- sowie Speichenbruchs im Anschluß an die Metallentfernung an beiden Knochen ein straffes Falschgelenk auftrat. Im UKM wurde nur der Radius operiert, eine tertiäre Reosteosynthese der Klavikula überflüssig, da keine entsprechenden Beschwerden vorlagen.

Den Krankheitsverlauf der beiden im UKM behandelten Fälle gibt Tabelle 9 (S. 46) wieder. Nach dem Unfall versuchte man, übereinstimmend mit der Auffassung der meisten Autoren, die Brüche durch Ruhigstellung im Rucksackverband konservativ zur Ausheilung zu bringen. Schlechte Fragmentstellung bzw. eine straffe Pseudarthrose zwangen dann zur Erstosteosynthese, die 1 mal im UKM mittels Küntschnagelung und im 2. Fall auswärts als AO Verplattung vorgenommen wurde. Das Mißlingen der Markraumschienung beruhte auf der verfrühten Metallentfernung (43 Tage postoperativ). Die vor der Extraktion nur in einer Ebene (AP) angefertigten

Nr.	Beruf Alter Hb Nr.	Unfall- termin Unfall- art	Bruchart, -lokalisa- tion Nebenverl.	Kons.Behandlg., Erstosteosynth., weitere Operat.	Metallent- fernung Indikation Diagnose: Psa.	Reosteo- synthese	Letztes Untersuchungs- ergebnis subjektiv objektiv	Letzte MdE %
1	Lehr- ling 15 J. 11 121	1.11.63 WU	Querbr.Klav. rechts, g. Schafthmitte Nebenverl.	Rucksackverbd., 4.12.63 (UKM) offene Künt- scher MN.	17.1.64 "Bruch knö- chern ver- heilt" 20.1.64 "straffe Psa."	24.1.64 6-Lochpl. AO	keine Be- schwerden knöcherne Heilung Ø Durchbl. Störung Ø Muskel- minderung Ø Beweg.- einschr.	(0)
2	Lackie- ner 23 J. 15 628	5.5.67 WU	Querbr.Klav. rechts, g. inn. Drittel- grenze Nebenverl.	Rucksackverbd., "straffe Psa." 9.8.67 (ausw.) 4-Lochpl. AO	19.9.67 "Platten- lockerung" 19.9.67 "Vd. auf straffe Psa."	24.6.68 6-Lochpl. AO + auto- pl. Spon- giosa	Schmerzen weitgeh. feste Durch- bauung Ø Durchbl. Störung Ø Muskel- minderung Ø Bewegungs- einschr.	10

Tabelle 9: Tertiäre Reosteosynthesen am Schlüsselbein

Röntgenbilder hatten eine knöcherne Ausheilung vorgetäuscht. Postoperative Kontrollaufnahmen in trans-thorakaler und tangentialer Richtung zeigten dagegen, daß noch keine Verknöcherung vorlag. Damit bestätigen sich die Ausführungen von LOB/PROBST über die Bedeutung einer umfassenden Röntgenuntersuchung am Schlüsselbein.

Im Fall 2 führte die ungenügende Verschraubung einer zu kurzen 4-Lochplatte zur Lockerung des Fremdkörpers, damit zur vorzeitigen Entfernung und erneut zur Pseudarthrose.

Zur tertiären Reosteosynthese wurden bei beiden Patienten 6-Lochplatten der AO verwendet, 1 mal mit autoplastischer Spongiosa kombiniert. Der weitere Verlauf bestätigte die guten Heilungstendenzen des Schlüsselbeins: Nach primärer Ossifikation war der Knochen "vollständig wiederhergestellt" bzw. "weitgehend fest durchgebaut". Subjektiv gab nur ein Patient (2) noch Beschwerden an. Objektiv ließ sich außer dem Druckschmerz im Bereich einer noch liegenden Platte (Fall 2) kein pathologischer Befund mehr erheben, die verletzten Extremitäten waren auch in funktioneller Hinsicht ganz wiederhergestellt.

II. Oberarm

1) Besonderheiten bei der Reosteosynthese

Angaben aus der Literatur

Komplikationen bei operativ behandelten Oberarmschaftbrüchen treten nach RUEFF/PELZL weit häufiger auf als an anderen Knochen. Ursachen hierfür sind (BANDI, HOLLE, LOB/PROBST, SCHWARZER): Der schwierige Zugang zur Bruchstelle, die Nachbarschaft von Humerus und Speichen-nerv, mangelnde Kortikalisfestigkeit und die große Variabilität des Markhöhlendurchmessers in den einzelnen Knochenabschnitten. Nach Untersuchungen von SAEGESSER beträgt dieser Querschnitt im proximalen Drittel bis zu 25 mm und verjüngt sich nach distal stark auf etwa 6 - 9 mm an der unteren Drittelgrenze. Dazu kommen je nach der Frakturlokalisation verschiedene auf Muskelzug beruhende Dislokationsmöglichkeiten. Hier sei nur auf die besonders leicht zu Komplikationen führenden Brüche etwas unterhalb der Mitte hingewiesen, bei denen sich Ansatzpunkte der Brustschultergürtelmuskulatur und Ursprünge von Unterarm- und Handmuskulatur gegenüberstehen, was eine zuverlässige Fixation erschwert (BÖHLER², SANDER/STAUDE, WITT¹). Pseudarthrosen und Fehlstellungen treten deshalb bevorzugt an diesem Knochenabschnitt auf (KINDLER, OSTAPOWICZ).

Daß Mißerfolge der operativen Behandlung am Oberarm "relativ häufig" (BÖHLER³) vorkommen, beweist auch eine Aufstellung von LOB¹, der bei 67 auswärts voroperierten Fällen 32 (47,8 %) Pseudarthrosen sah.

Tabelle 10 (S. 50) gibt die Falschgelenkrate bei verschiedenen Osteosynthesemethoden wieder. Diese Statistik bestätigt einmal die Auffassung von LOB/PROBST sowie SCHWARZER, daß Drahtumschlingungen am Oberarm ungeeignet sind. Sie gibt außerdem WITT¹ recht, der schreibt, daß "die Gefahren der Pseudarthrosenentstehung trotz Marknagelung bei keinem Knochen so groß sind wie am Humerus". Die Ursache hierfür sehen SAEGESSER, WITT¹ in der ungenügenden Ruhigstellung des Knochens. Wegen der Enge der Markhöhle kann nämlich vor allem bei Brüchen unterhalb der Schaftmitte nur ein relativ dünner Fremdkörper eingebracht werden.

Als weiterer möglicher Grund für einen Mißerfolg gilt die vorzeitige Marknagelentfernung. Während nach HOLLE, SAEGESSER die Allenthese etwa 4 - 6 Monate im Knochen belassen werden muß, reicht nach LANGHAGEL 1/2 Jahr dafür nicht aus.

Methode	Autor	Fälle	Pseudarthrosen
Drahtum-schlingung	RUEFF/ PELZL	4	1
Rushpin u. Cerclage	RUEFF/ PELZL	26	1
Rushpin-nung	RUEFF/ PELZL	16	0
	CHRISTEN-SEN	27	2
Küntscher-nagelung	RUEFF/ PELZL	4	1
AO	RUEFF/ PELZL	9	0

Tabelle 10: Häufigkeit der Pseudarthrosenbildung am Oberarm

Die Indikation zur Behandlung fehlgeheilter Oberarmbrüche stellt sich ähnlich wie beim deform konsolidierten Schlüsselbein: Verschiebungen um volle Schaftbreite und Achsenknickungen müssen nur dann operiert werden, wenn sie zu Schmerzen und Funktionsausfällen führen (BÖHLER², LANGE¹, LOB/PROBST). Etwa notwendige Osteotomien sollten nach BÖHLER² V-förmig erfolgen, um die Pseudarthrosengefahr zu verringern.

Im Gegensatz zu den Fehlstellungen ist bei Oberarm-falschgelenken immer ein operatives Vorgehen angezeigt, da sie mit schweren Funktionsstörungen einhergehen (WITT¹). Die Rushpinnung wird dabei nur von HOLLE als geeignetes Behandlungsverfahren empfohlen. Mehrere Autoren weisen auf die besonders häufigen Komplikationen nach Küntscher'scher Marknagelung hin. Sie soll nach LANGE¹, SAEGESSER, WITT¹ immer mit einer Spanverpflanzung kombiniert werden, außerdem ist eine besonders lange Ruhigstellung, sicherheits- halber im Gipsverband, notwendig. Aus einer Veröf- fentlichung von LANGHAGEL zur Marknagelung von Pseud- arthrosen an Röhrenknochen geht hervor, daß der Humerus die geringste Heilungsneigung aufwies. Im Gegensatz zu den unsicheren Erfolgsaussichten bei der Küntscher'schen Methode gilt auch am Oberarm die Osteo- s_vnthese der AO als das beste Verfahren (LANGE¹, LOB/ PROBST). MÜLLER² konnte damit in jedem der von ihm behandelten 15 Fälle eine Ausheilung erzielen. Bei PROBST⁶ tritt jedoch hervor, daß die Plattenosteosyn- these gegenüber der Marknagelung nicht überwiegt.

Erfolge bei der operativen Therapie der Humeruspseud- arthrose geben an: OSTAPOWICZ (1935 - 1960) mit 65 %, TUNCAY (1959 - 1965) mit 71,5 % und KÖHL (UKM, 1953 - 1964) mit 93,3 %.

2) Tertiäre Reosteosynthesen am Oberarm aus dem
Krankengut des UKM

Einen kurzen Überblick über die 4 im UKM durchgeführten Tertiärversorgungen am Oberarm gibt Tabelle 11 (S. 53).

Zur Pseudarthrosenbildung war es 3 mal nach Frakturen gekommen, bei denen bevorzugt Heilungsstörungen auftreten, nämlich Quer- oder kurzen Schrägbrüchen (1 mal) sowie Trümmerbrüchen (2 mal). Zudem lagen sie alle im besonders falschgelenkgefährdeten Knochenbereich, nämlich in Schaftmitte (1 mal) und im unteren Drittel.

In 2 Fällen wurde therapeutisch mit Drahtextension und äußerer Ruhigstellung zunächst der konservative, bei Humerusfrakturen "sicherste Weg" (LOB/PROBST), eingeschlagen. Danach kam es 1 mal zur Falschgelenksbildung, die ebenso wie die schlechte Fragmentstellung (Fall 6) eine Osteosynthese notwendig machte.

Alle Patienten wurden nach der Küntscher'schen Methode operiert, obwohl die Brüche im schmalsten Markraumabschnitt lagen und daher eine ausreichende Fixation von vornherein erschwert war. Der weitere Verlauf bestätigte die Erfahrungen vieler Autoren mit der Marknagelung. So traten bei allen Verletzten Komplikationen von seiten des Fremdkörpers auf. Nagelbruch, -verbiegung und -lockerung beweisen die Einbringung ungenügender Allenthesen. An der Metallockerung

Nr.	Beruf Alter Hb Nr.	Unfall- termin Unfall- art	Bruchart, -lokalisa- tion Nebenverl.	Kons.Behandlg., Erstosteosynth., weitere Operat.	Metallent- fernung Indikation Diagnose: Psa.	Reosteo- synthese	Letztes Untersuchungs- ergebnis subjektiv objektiv	Letzte MdE %
3	Metz- ger 25 J. 473	4.3.51 WU	Langer OA- schrägr. a. g. Mitte, Radialis- einklemm. Ø Nebenverl.	4.3.51 (ausw.) <u>Küntschers MN</u>	ca. 1.7.52 (Weichtell- irritation) 23.4.53 "straffe Psa."	31.8.53 <u>Küntschers</u> <u>MN + auto-</u> <u>pl. Span</u>	Schmerzen Bewegungs- behind. knöcherner Heilung Ø Durchbl. Störung + Muskel- minderung (+) Beweg. minderung Schulter- gel.	10
4	Beton- werker 37 J. 9 692	4.4.60 AU	OA Trümmer- br. re. o. unteres Drit- tel Ø Nebenverl. anlagerung	6.4.60 (ausw.) <u>Küntschers MN</u> 9.3.61 Phemister Span- anlagerung	9.3.61 "Bruch d. Nagels" 7.3.61 "straffe Psa."	1.6.62 <u>Küntschers</u> <u>MN + Kie-</u> <u>ler Span</u>	Schmerzen, fehlende Kraft atroph.Psa. (Nagelausw. 18.10.66) Ø Durchbl. Störung + Mu.mind. (+) Beweg. mind. Ell- bogen + Schultergel.	40

Tabelle 11: Tertiäre Reosteosynthesen am Oberarm

Fortsetzung Tabelle 11

Nr.	Beruf Alter Hb Nr.	Unfall- termin Unfall- art	Bruchart, -lokalisa- tion Nebenverl.	Kons.Behandlg., Erstosteosynth., weitere Operat.	Metallent- fernung Indikation Diagnose: Psa.	Reosteo- synthese	Letztes Untersuchungs- ergebnis subjektiv objektiv	Letzte Mde %
5	Land- wirt 35 J. 10 268	27.11.58 WU	OA Trümmer- br. re. o. i unteres Drittel Ø Nebenverl.	Draht-ext., Psa., 12.11.60 (ausw.) Küntschers MN 10.7.61 Span- bolzg., Draht- umschl. ca. Jan. 62 Beck-Bohrung	12.4.61 (Nagel, war verbogen) 4.7.61 "strafe Psa."	23.1.63 Herzog MN + Kieler Span	Schmerzen, fehlende Kraft, Bewegl. Mind. Defekt Psa. Radialis- Lähmung + Durchbl. Störung ++ Muskel- mind. + Beweg. mind. große Gel.	60
6	Pfle- ger 23 J. 15 147	8.7.67 Privat- unfall	Kurzer OA Schrägbr. li. g. i unt. Drit- telgrenze Nebenverl.	Draht-ext., 17.7.67 (ausw.) Küntschers MN	9.1.68 "Lockerung d. Nagels" 9.1.68 "strafe Psa."	23.1.68 6-Lochpl. AO	noch Ø Aus- sagen ü. Kno.-bildg. Mögl. Ø Durchbl. Störung + Muskel- mind. (+) Beweg. mind. Handgel.	Priv. Unf.

trifft jedoch auch einen Patienten (6) wegen seiner mangelnden Einsicht eine Teilschuld. Gegen eine stabile Osteosynthese spricht ebenfalls die Weichteil-irritation nach Nagelwanderung (Fall 3). Auf Grund dieser Komplikationen mußten die Fremdkörper zu einem Zeitpunkt entfernt werden, als das Röntgenbild noch keine ausreichende Verknöcherung zeigte (durchschnittlich 262 Tage nach der Osteosynthese).

Die jetzt entstandenen bzw. wiederaufgetretenen Pseudarthrosen versuchte man in 2 Fällen (4 u. 5) vergebens durch Spanverpflanzung, 1 mal zusätzlich durch eine weitere Osteosynthese (Drahtumschlingung) zu heilen. Im UKM wurden die straffen Falschgelenke reseziert und die Fragmente mit dickeren Küntscher- (3,4) bzw. Herzognägeln (5) bzw. einer AO-Platte (6) vereinigt. Bei allen Markraumschienenungen verpflanzte man, übereinstimmend mit den oben angeführten Angaben von LANGE¹ u. a., autoplastische bzw. heteroplastische Späne. Auch die sicherheitshalber empfohlene Gipsbehandlung führte man bei diesen 3 Patienten durch.

Trotz aller derartigen Maßnahmen zeigte die Marknagelung am Oberarm, ähnlich wie bei LANGHAGEL, die unbefriedigendsten Ergebnisse aller Tertiäreingriffe. Nur ein Fall kam zur Ausheilung, 2 mal blieb das

Falschgelenk bestehen. Bei einem Patienten wechselte man daraufhin im UKM den zu dünnen Fremdkörper gegen einen besonders dicken aus.

Über die Verknöcherung der nach AO behandelten Pseudarthrose konnte nach letzten Aktenangaben noch keine Aussage gemacht werden. Der objektive Befund zeigt in allen Fällen Muskelminderung und zum Teil beträchtliche Bewegungseinschränkungen.

Die Schwierigkeit der Behandlung von Oberarmbrüchen und die unbefriedigenden Resultate der Therapie nach Pseudarthrosenbildung seien abschließend an folgendem Fall demonstriert:

G. H., 35 jähr. Landwirt (Hb. 10 268), erlitt am 27.11.1958 einen Wegeunfall und zog sich einen offenen Trümmerbruch im unteren Schaftdrittel des rechten Oberarms zu. Zunächst 2 1/2 monatige stationäre Behandlung: Drahtextension, Thoraxabduktionsgips. Ambulante Behandlung. Die MdE von anfangs 70 % wurde bis 1.4.60 laufend auf 20 % gesenkt. Röntgenkontrollen ergaben zunächst Verknöcherung, am 7.9.1960 wurde jedoch eine Pseudarthrose festgestellt (MdE 100 %). Am 12.11.1960 Küntschernagelung und Gipsverband, am 18.1.1961 wegen Wackelbewegung des Oberarms mit leichter Nagelverbiegung erneute stationäre Behandlung,

Entlassung in Gipsurlaub. Am 12.4.1961 Entfernung des Nagels, am 10.7.1961 2. Osteosynthese: Knochenbolzung und Spananlagerung mit Drahtumschlingung nach Beck'scher Bohrung wegen "Pseudarthrosenbildung nach Küntschnagelung"; Feststellung einer Fallhand; Thoraxabduktionsgips. 26.12.61 - 3.4.62 stationäre Behandlung: Entfernung der Drahtschlingen, Beck'sche Bohrung; Radialisparese zurückgebildet, Thoraxgips. Juni 1962: Röntgenkontrolle ergibt "bessere Durchbauung", Gips entfernt, Desaultverband. August 1962: Bruch klinisch fest, Desaultverband entfernt, Übungsbehandlung. Wegen Bruchs des zentral liegenden Knochenbolzens Thoraxabduktionsgips und im Januar 1963 Überweisung ins UKM. Dort am 23.1.1963 dritte Osteosynthese (Herzognagelung, kombiniert mit heteroplastischer Spananlagerung), Thoraxabduktionsgips; ab 1.3.1963 Übungsbehandlung. Fortlaufende Röntgenkontrollen zeigen am 20.6.63 erneut eine (Defekt-) Pseudarthrose, die Radialisparese besteht weiter. Der Entlassungsbericht ergab daneben Verkürzung, Verschmächtigung und Durchblutungsstörung des gesamten Arms sowie deutliche Bewegungseinschränkung in allen Gelenken. Die MdE bei der Entlassung am 19.8.1963 betrug chirurgisch und neurologisch $66 \frac{2}{3} \%$, die Dauerrente liegt bis heute bei $66 \frac{2}{3} \%$. Der Patient trägt eine komplette Armhülle und kann nur noch leichte Arbeit verrichten.

III. Unterarm

1) Besonderheiten bei der Reosteosynthese

Angaben aus der Literatur

Ähnlich wie am Oberarm ergeben sich Komplikationen bei der Therapie von Radius- und Ulnafrakturen, die nach LOB/PROBST 18 - 22 % aller Brüche ausmachen, aus den anatomischen und funktionellen Gegebenheiten des Unterarms. Hier sind anzuführen (CHIARI, SAEGESSER): Die Krümmung von Elle und Speiche sowie der stark wechselnde Durchmesser der Knochen und Markräume. Dazu kommen verschiedene komplizierte, auf Muskelzug beruhende Verschiebungsmechanismen, die von der Frakturlokalisation abhängen (HOLLE, LEITZ², LOB/PROBST). Weiterhin nennt PROBST² die Beteiligung von Radius und Ulna an 4 Gelenken, die Sperrwirkung der Elle bei "trümmerhafter oder stellungsbedingter Radiusverkürzung" und die Eigenfunktion der Membrana interossea. Außerdem führt die Verbindung jedes einzelnen Knochens mit der Muskulatur zu eigen- und nicht zu gleichsinnigen Bewegungen. Aus all diesen Gründen ist "die Stabilität des gebrochenen Unterarmgerüsts schwieriger herzustellen als an anderen Gliedmaßenabschnitten" (PROBST²). Besonders kompliziert gestaltet sich die Behandlung der als unstabil bezeichneten Schräg-, Biegungs- und Stückbrüche. Auch für den Unterarmschaft

werden Methoden wie Drahtumschlingung, Markdrahtung und Rushpinnung abgelehnt (FRANKE, LEITZ², LOB²) und die Mißerfolge hervorgehoben, die bei Implantation ungenügend fixierender Fremdkörper oder verfrühter Metallentfernung auftreten. So sollte der Kirschnerdraht nach CHIARI für 3 - 5 Monate im Markraum belassen werden, der Küntschnernagel etwa 1/2 Jahr (KINDLER), da "Unterarmbrüche eine langsame Knochenneubildung haben". Rushpins wurden an der Chirurgischen Universitätsklinik München durchschnittlich nach 11,4 Monaten entfernt (BERNHARD).

Angaben zur Häufigkeit der Falschgelenkbildung nach Osteosynthesen schwanken in der Literatur beträchtlich: Für die Markdrahtung liegen die Werte bei 2,6 % (AICHNER), 13,3 % (CHIARI) und 69,2 % (LEITZ²), bei der Rushpinnung zwischen 3,33 % (FUCHS/NIKFETRAT) und 12,2 % (MITTELBACH). Nach Küntschnernagelung sahen LEITZ² und BÖHLER² jeweils in jedem 2., NIGST dagegen etwa in jedem 5. Fall Mißerfolge.

Übereinstimmend schreiben LOB² und NIGST, daß Falschgelenke nach Unterarmbrüchen am häufigsten an der Elle, seltener an beiden Knochen oder nur an der Speiche entstehen. Dabei verhindern an der Ulna Muskelkräfte das Aneinanderrücken der Fragmente und damit die Verknöcherung (AUERBACH, MAATZ).

Nach einer Statistik von LOB² befinden sich 56 % der Pseudarthrosen in Schaftmitte, 30 % im unteren und 14 % im oberen Drittel.

Angaben über Häufigkeit und Lokalisation von Fehlstellungen liegen mir nicht vor. Rotationsbehinderungen und auffällige Deformitäten beherrschen das klinische Bild. Als Ursache kommt einmal die Brückenkallusbildung in Frage, die MITTELBACH nach mehr als 10 % seiner Markraumschienenungen sah. Funktionseinschränkungen vor allem im Handgelenk beruhen auf der Störung der Mechanik im distalen Ellen-Speichengelenk. Mit Verkürzung oder Fehlstellung verheilte Speichenbrüche führen dabei zu einem relativen Ellenvorschub (LEITZ¹, SPIER).

Grundsätzlich gilt für die Therapie (LEITZ¹): Im distalen Radioulnargelenk müssen "normale Verhältnisse wiederhergestellt werden". Dies wird entweder durch Resektion des Ellenköpfchens oder durch eine stufenförmige Osteotomie erreicht.

Bei Reosteosynthesen nehmen nach neueren Veröffentlichungen einige Autoren noch kombinierte Rushspinnungen (FUCHS, HOLLE, MITTELBACH) und Küntschernagelungen (FRANKE, KÜNTSCHER¹, LANGE²) vor. Das AO-Verfahren verdrängt diese Methode jedoch immer mehr, da es auch funktionell die besten Ergebnisse zeigt. So konnte LEITZ¹ nachweisen, daß die Unterarmdrehfähigkeit um-

gekehrt proportional zur äußeren Ruhigstellungsdauer erhalten bleibt. Die stabilen Osteosynthesemethoden, bei denen der innere Kraftträger zur Fixation ausreicht, bieten also auch am Unterarm die besten Aussichten auf völlige Wiederherstellung. LEITZ¹ erzielte nach Marknagelung oder Verplattung von 38 Fehlstellungen und Pseudarthrosen in 37 Fällen knöcherne Heilung. MÜLLER² konnte mit dem AO-Verfahren alle 16 von ihm behandelten Falschgelenke heilen. Statistiken früherer Jahre, vor Einführung der Prinzipien der AO, zeigen, daß die Verknöcherungsrate bei Anwendung verschiedener operativer Methoden beträchtlich niedriger lag: OSTAPOWICZ: 75 %. BROICHMANN: 50 %.

2) Tertiäre Reosteosynthesen am Unterarm aus dem Krankengut des UKM

Von den 26 tertiären Reosteosynthesen, die bei 23 Patienten im UKM vorgenommen wurden, betrafen allein 20 den Unterarm. Dabei wurden tertiär versorgt: 8 mal nur die Ulna, 6 mal nur der Radius und 3 mal beide Unterarmknochen.

a) Tertiäre Eingriffe an der Elle

Die tertiären Reosteosynthesen an der Ulna wurden ausnahmslos aufgrund von sicheren (7 mal) bzw. fraglichen (1 mal) Falschgelenkbildungen notwendig (siehe Tabelle 12, S. 61). Vorangegangen waren 6 geschlossene und

Nr.	Beruf Alter Hb Nr.	Unfall- termin Unfall- art	Bruchart, -lokal., Nebenverl.	Kons.Behandlg., Erstosteosynth., weitere Operat.	Metallent- fernung Indikation Diagnose: Psa.	Reosteo- synthese	Letztes Untersuchungs- ergebnis subjektiv objektiv	Letzte MdE %
7	Weißh. Schä- ler 33 J. 3 126	27.6.55 WU	Querbr.UA re., G. Mitte, kei- ne Neben- verl.	Repos., Gv. 5.7.55 (ausw.) Drahtumschl. E Küntscher MN S	13.1.56 "Resorpt." d. Kno." 21.1.56 "straffe Psa. E"	31.1.56 Küntscher MN E + auto.Span	Schmerzen fehl.Kra. "pelz.Gef." Defekt Psa. E. nach Na- gelbr. (+)Dist.Med. Schädigung Ø Durchbl. störung + Muskelmind. (+)Bewegmind. Ellbog.+Hand- gel., UADreh.	40
8	Binnen- schif. 35 J. 8 918	12.1.61 AU	Querbr.UA li., G. unt.Drit- telgrenze Nebenverl.	Repos., Gv. Psa E 19.9.61 (UKM) Küntscher MN E Rushpin S	13.8.63 "Fraktur knö.ver- heilt" 20.7.66 "schläffe Psa. E"	7.12.66 5-Lochpl. AO E	Schmerzen fehlende Kraft knö.Heilg. Ø Durchbl. störung + Muskelmind. ++Bewegmind. Handgel., UA Dreh.	20

Tabelle 12: Tertiäre Reosteosynthese an der Elle

Fortsetzung von Tabelle 12

Nr.	Beruf Alter Hb Nr.	Unfall- termin Unfall- art	Bruchart, -lokal., Nebenverl.	Kons.Behandlg., Erstosteosynth., weitere Operat.	Metallent- fernung Indikation Diagnose: Psa.	Reosteo- synthese	Letztes Untersuchungs- ergebnis subjektiv objektiv	Letzte MdE %
9	Baugeh. 50 J. 10 203	3.6.58 AU	Querbr. UA Re., G., mittl. Dr. Ø Nebenverl.	Ext. + Gv., Psa. E 16.12.60 (ausw.) Rushp. E 8.6.61 auto.Span anl. weg. Psa. 15.2.62 Het.Span	28.4.61 "Bruch" Rushpin" 13.4.61 "straffe Psa. E."	12.12.62 <u>Küntscher</u> <u>MN E +</u> <u>auto.Span</u>	Fehlende Kraft Bewegmind. <u>Osteomye.,</u> <u>Def. Psa.</u> <u>+ Durchbl.</u> störung + Muskelmind. (+)Bewegmind. re. Arm	40
10	Schweis- ser 19 J. 13 909	14.3.66 AU	UA Querbr. li., G., unt. Vier- telgrenze Ø Nebenverl.	Repos., Gv. ca. 19.4.66 (ausw.)Rushpin. <u>E + S</u>	19.7.66 4.11.66 "Defekt Psa. E"	15.11.66 4-Lochpl. <u>AO E +</u> <u>auto.Spong.</u>	Fehlende Kraft Bewegmind. <u>knö.Heilg.</u> <u>Ø Durchbl.</u> störung + Muskelmind. + Bewegmind. Handgel., UA Dreh.	20

Fortsetzung von Tabelle 12

Nr.	Beruf Alter Hb Nr.	Unfall- termin Unfall- art	Bruchart, -lokal., Nebenverl.	Kons.Behandlg., Erstosteosynth., weitere Operat.	Metallent- fernung Indikation Diagnose: Psa.	Reosteo- synthese	Letztes Untersuchungs- ergebnis subjektiv objektiv	Letzte MDE %
11	Maurer 33 J. 14 4/5	29.9.66 AU	UA Br. re., <u>G. unt. Drit-</u> <u>telgr.</u> S: Querbr. E: Schrägbr. Nebenverl.	Kons.Behandlg. (?), 10.66 (ausw.) <u>"Markdrahtg." E</u>	Febr. 67 <u>"mind.klin.</u> <u>Festigk. d.</u> <u>Frakt."</u> <u>21.4.67</u> straffe Psa. E + S	<u>3.5.67 E,</u> <u>(+ S)</u> <u>4-Lochpl.</u> <u>AO</u>	knö.Heilg. <u>+ Durchbl.</u> Störung (+)Muskel- mind. <u>+ Bewegmind.</u> Hand-, Finger- gel., UADreh.	10
12	Berg- mann 31 J. 14 6/3	20.1.67 AU	Querbr.UA <u>re.g., unt.</u> <u>Drittelgr.</u> Ø Nebenverl.	Repos., OA-Gv. <u>17.2.67 (ausw.)</u> E: "MN"+hetero. Span (S: op. gestellt)	30.6.67 <u>"Eindr. d.</u> <u>klin.+rö.</u> <u>ausreich.</u> <u>Konsol."</u> <u>10.7.67 de-</u> <u>fekt-Psa. E</u> (S:schlaufe Psa.)	<u>20.7.67 E</u> <u>(+ S)</u> <u>4-Lochpl.</u> <u>AO</u>	Schmerzen <u>knö.Heilg.</u> <u>Ø Durchbl.</u> Störung (+)Muskel- mind. <u>+ Bewegmind.</u> Handgel., (+) UA Dreh.	30

Fortsetzung von Tabelle 12

Nr.	Beruf Alter Hb Nr.	Unfall- termin Unfall- art	Bruchart, -lokal., Nebenverl.	Kons.Behandlg., Erstosteosynth., weitere Operat.	Metallent- fernung Indikation Diagnose: Psa.	Reosteo- synthese	Letztes Untersuchungs- ergebnis subjektiv objektiv	Letzte MDE %
13	Land- wirt 53 J. 16 780	6.9.68 AU	Trümmerbr. UA re.o.o. ob.Drittel Nebenverl.	6.9.68 (ausw.) E: Küntschner MN S: 2 Kirschner- drähte	ca. 9.1.69 "z.Vermeidg." e. ev. Psa. 6.6.69 Vd.a. Defektpsa.E 10.7.69 Psa. S	10.7.69 E (+ S) 6-Lochpl. AO + auto. <u>Spong.</u>	Schmerzen Bewegmind.	E:knö.Heilg. (40) (Stungen.Ver- knö.) + Durchbl. Störung + Muskelmind. + Bewegmind. Schulter, Ell- bog.+Handgel. (+) Fingergel.
14	Lehr- ling 15 J. 16 069	23.8.68 WU	Stückbr. E. li.o.o. ob. Drittel Nebenverl.	Repos., Gv., Fehlstellg. 12.12.68 (UKM) <u>5-Lochpl.AO + auto. Spong.</u>	8.7.69 "Br. knö. fest verh." Refaktur 1.8.69 Op. Ber: Frakt. Spalt m. Bindegew. aus- gefüllt	1.8.69 <u>5-Lochpl.</u> AO	Schmerzen Bewegmind.	i.Durchbau be-(40) <u>Griffene Frakt.</u> 0 Durchbl. Störung + Muskelmind. + Bewegmind. Ellbogengelenk.

2 offene Frakturen, die mit einer Ausnahme jeweils beide Unterarmknochen betrafen. Die Brüche lagen am häufigsten im mittleren und unteren Knochenabschnitt (6 mal), nur 2 mal im proximalen Drittel. AUERBACH, GELBKE und MAATZ weisen auf die gegenüber Speichen-falschgelenken erhöhte Pseudarthrosenrate der Elle bei Frakturen des mittleren und vor allem unteren Schaftabschnittes hin und erklären sie aus anatomischen Besonderheiten. Neben 2 Trümmerbrüchen und einem Schrägbruch lagen 5 Querfrakturen vor. Die Ursache für die gehäufte Falschgelenkbildung nach Querbrüchen sieht LEITZ² in den durch Zug des Musculus Pronator quadratus hervorgerufenen Drehbewegungen des distalen Fragments, denen das dem Oberarm festverbundene proximale Bruchstück nicht folgen kann.

Eine offene Fraktur wurde noch am Unfalltag operiert, bei den übrigen 7 Patienten führte man zunächst eine konservative Behandlung durch. Wegen schlechter Stellungsverhältnisse, mangelnder Knochenbildung oder Entstehung von Falschgelenken kam es dann - unter Vernachlässigung eines stark abweichenden Wertes - durchschnittlich nach 74 Tagen zur Erstosteosynthese. Als Allenthesen wurden dabei implantiert: 3 mal ein Küntschernagel, 2 mal ein Rushpin, jeweils 1 mal "Markdraht", Drahtschlingen oder AO Platte. Das Versagen

dieses ersten Eingriffes läßt sich in einigen Fällen auf die Implantation eines ungeeigneten Metalls zurückführen, da, wie AUERBACH schreibt, muskulär bedingte Distraktionskräfte gerade an der Elle eine Kompressionsosteosynthese erforderlich machen.

Bei 2 Patienten zeigte sich dementsprechend die fehlende Stabilisierung der Fraktur an Materialbruch bzw. Knochenresorption. Die bei den verschiedenen Formen der Markraumschienung verwendeten Implantate wurden (ohne Berücksichtigung eines mit 689 Tagen stark abweichenden Wertes) durchschnittlich nach 119 Tagen, Drahtcerclagen nach 188 Tagen und eine AO Platte nach 206 Tagen entfernt. Die zum Teil falschen Indikationen zu diesem Eingriff (wie fehlerhafte Einschätzung von Röntgenbildern) wurden schon im allgemeinen Teil erwähnt.

Unterscheidet man, übereinstimmend mit neueren Veröffentlichungen, (siehe Literaturteil), bei Pseudarthrosen zwischen hypertrophischen und aregeneratorischen Formen, so waren diese Formen unter den Ellenfalschgelenken gleich häufig (jeweils 4 mal) vertreten. Die hohe Zahl atrophischer Pseudarthrosen an der Elle erklärt sich, wie schon oben angeführt, einmal aus anatomischen Gegebenheiten. Zum anderen entstehen nach WITT¹ aregeneratorische Falschgelenke nach Unterarm-

brüchen auch deshalb, weil infolge ungleich großer Frakturspalte nur die Fragmente eines Knochens zusammenrücken und ausheilen können.

Bei der tertiären Reosteosynthese wurde 2 mal ein Küntschernagel und in den letzten Jahren ausschließlich eine AO Platte implantiert. In 4 Fällen wurde zugleich autoplastischer Knochen (3 mal in Form von Spongiosa) verpflanzt.

Folgenschwerste postoperative Komplikation war neben einem Materialbruch (Patient Nr. 7) eine Osteomyelitis (9). In beiden Fällen blieb das Falschgelenk bestehen, einmal zusammen mit leichter Medianusschädigung. Fortgeschrittene oder abgeschlossene Verknöcherung bei 6 Tertiärversorgungen bestätigen den Erfolg der Therapie.

b) Tertiäreingriffe an der Speiche

Zwei anatomisch-topographische Eigenheiten erschweren nach WITT¹ Eingriffe bei Radiuspseudarthrosen: die wechselnde Dicke des Muskelmantels und der komplizierte Nervenverlauf. GELBKE hingegen erwähnt die doppelte Beweglichkeit der Speiche und die Dislokation des distalen Fragments als gravierende Faktoren. Ähnlich wie an der Ulna übt der im proximalen Drittel stark ausgeprägte Muskelmantel einen Schutz auf den Knochen gegenüber Gewalteinwirkungen aus, so daß an

dieser Stelle nur selten Frakturen und damit Pseudarthrosen auftreten (HOLLE).

6 von 20 Tertiärversorgungen betrafen ausschließlich den Radius (siehe Tabelle 13, S. 66). Bezüglich der Lokalisation der vorausgegangenen Unterarmfrakturen (5 mal im mittleren und 1 mal im unteren Knochenabschnitt) bestätigen sich die oben angeführten Angaben von HOLLE. Offene und geschlossene Frakturen waren gleich häufig vertreten, 3 mal hatte ein Quer-, 2 mal ein Trümmer- und 1 mal ein Schrägbruch vorgelegen.

Die Erstbehandlung erfolgte in 4 Fällen konservativ für durchschnittlich etwa 37 Tage, 2 offene Frakturen wurden unmittelbar nach dem Unfall operiert. Neben 3 Küntscher- bzw. "Mark"nagelungen wurden in 3 Fällen instabile Osteosynthesen vorgenommen, nämlich Rush-pinnung, Kirschnerdrahtung und "Fixation mit Plättchen und Draht". Die zum Teil ungeeigneten Allenthesen führten in 2 Fällen zu Komplikationen wegen Ausbruchs aus dem Knochen bzw. Resorption des Lagergewebes.

Zur Materialentfernung kam es durchschnittlich nach etwa 103 Tagen; über die Indikationen zu diesem Sekundäreingriff wurde schon im allgemeinen Teil berichtet, etwa "Ausnutzung der Narkose", oder "drohende Pseudarthrose".

Nr.	Beruf Alter Hb Nr.	Unfall- termin Unfall- art	Bruchart, -lokal., Nebenverl.	Kons.Behandlg., Erstosteosynth., weitere Operat.	Metallent- fernung Indikation Diagnose: Psa.	Reosteo- synthese	Letztes Untersuchungs- ergebnis subjektiv objektiv	Letzte Mde %
15	Fabrik- arb. 31 J. 128	20.10.62 AU	Querbr.UA <u>li., g.,</u> unteres Drittel Nebenverl.	Reposition (2x), OA-Gv. <u>ca. 17.12.52</u> (ausw.) " <u>Markn.</u> " <u>Speiche</u>	<u>ca. 20.3.53</u> <u>10.4.53</u> "strafe" Psa. an E+S"	15.4.53 Küntscher MN S (+ E) + autopl. <u>Späne</u>	Bewegungs- behinderung knö. Heilg. <u>in Fehlstl.</u> + Durchbl. Störung + Muskelmind. ++Bewegmind. Ellbog.+Hand- gel., UA Dreh:	30
16	Hilfs- arb. 48 J. 2 117	12.5.54 WU	Querbr.UA <u>li., g.,</u> unt.Drit- telgrenze Nebenverl.	kons.Behandlg. <u>22.5.54 (ausw.)</u> "Fixat. S. m." <u>Plättchen u.</u> <u>Draht"</u>	<u>ca. 3.8.54</u> "Markose ausgenutzt" <u>20.12.54</u> "strafe" Psa. (E)+S"	5.4.55 Küntscher MN S (Markdraht. + auto.Span E)	Fehlende Kraft knö. Heilg. <u>Ø Durchbl.</u> Störung (+) Muskel- mind. + Bewegmind. Handgel., UA Dreh.	(40)

Tabelle 13: Tertiäreingriffe an der Speiche

Fortsetzung von Tabelle 13

Nr.	Beruf Alter Hb Nr.	Unfall- termin Unfall- art	Bruchart, -lokal., Nebenverl.	Kons.Behandlg., Erstosteosynth., weitere Operat.	Metallent- fernung Indikation Diagnose: Psa.	Reosteo- synthese	Letztes Untersuchungs- ergebnis subjektiv objektiv	Letzte MdE %
17	Hilfs- arb. 38 J. 8085	3.5.60 WU	Querbr.UA li., o.o. S ob.Drit- telgrenze E Mitte Ø Nebenverl.	Repos., OA-Gv. ca. 19.7.60 (ausw.) Künt- scher MN S Kirschner + Drahtschl. E	ca.3.9.60 "Ausr. d. MN a.d.Kno." 24.11.60 "straffe Psa.E+S"	24.11.60 Rushpin + auto.Span S (E:Metall- entf.Rushp. + auto.Span)	Fehlende Kraft Bewegmind.	begin.knö. (40) Durchbau.S E ob.Knobl. (+)Durchbl. Störung + Muskelmind. + Bewegmind. Ellbog.+Hand- gel.UA Dreh.
18	Hilfs- arb. 55 J. 12 501	10.12.64 AU	Schrägbr.UA re., g.o. S unt.Drit- telgrenze E Handgelnah Querbr.Klav. re.,Nebenv.	Schienenverbd. ca. 17.12.64 (ausw.) 2 Rush- pins S Rushp. Klav.	ca.6.3.65 wØ Kallus. "Psagef". 3.5.65 "Psagef. (straff)"	6.7.65 4-Lochpl. AO S. Osteotom.E Diszipl. Entlas.	Schmerzen Bewegmind.	atroph.Psa.S 30 Fehlst. E Ø Durchbl. Störung + Muskelmind. (+)Bewegmind. Schultergел. UA Dreh., ++ Handgelenk

Fortsetzung von Tabelle 13

Nr.	Beruf Alter Hb Nr.	Unfall- termin- Unfall- art	Bruchart, -lokal., Nebenverl.	Kons.Behandlg., Erstosteosynth., weitere Operat.	Metallent- fernung Indikation Diagnose: Psa.	Reosteo- synthese	Letztes Untersuchungs- ergebnis subjektiv objektiv	Letzte MdE %
19	Kraft- fahrer 31 J. 14 977	21.10.66 WU	Trümmerbr. <u>UA li. o. o.</u> S: Mitte E: unteres Drittel Frakt.: 3., 4., 5. Mittel- handknochen li., Mittel-+ Endphal. 2. Finger Nebenverl.	Repos., Gv. <u>21.10.66 (ausw.)</u> S "Nagelung"	19.5.67 <u>31.5.67</u> "Vd. a. straffe Psa. S"	17.11.67 <u>3-Lochpl.</u> <u>AO S</u>	Schmerzen Fehlende Kraft weitgeh. <u>Verkno.</u> Ø Durchbl. Störung ++ Muskel- mind. ++ Beweg- mind. Handgel.	30
20	Lehr- ling 15 J. 16 956	10.5.69 AU	Trümmerbr. <u>re., o. o.</u> unt.Drit- telgrenze Verl.n.rad., Durchtrenn- g. aller Streck- seh. +- musk. Ø Nebenverl.	10.5.69 (ausw.) <u>Kirschnerdratg.</u> <u>S (+ E)</u>	16.7.69 <u>16.9.69</u> Vd. a. straffe Psa. S	2.10.69 <u>4-Lochpl.</u> <u>AO S</u>	Fehlende Kraft Bewegmind. Weitgeh. <u>Verkno.</u> Ø Durchbl. Störung (+) Muskel- mind. (+) Beweg- mind. Handgel., UA- dreh.	(20)

Die 6 - ausnahmslos straffen - Falschgelenke wurden im UKM mittels Küntschernagelung (2 mal), Rushpinung (1 Fall) oder nach dem AO-Verfahren versorgt, autoplastische Späne wurden zusätzlich in 2 Fällen angelagert. Der Heilungsprozeß verlief bei allen Patienten zunächst komplikationslos; bei den letzten in den Akten vermerkten Untersuchungen waren 5 Falschgelenke fest bzw. weitgehend knöchern ausgeheilt, einmal jedoch in Fehlstellung, die das Tragen eines orthopädischen Apparates erforderlich machte. Bei einem Patienten (18), der disziplinarisch aus dem UKM entlassen werden mußte und sich auch während der weiteren Therapie völlig uneinsichtig zeigte, besteht die Pseudarthrose weiter.

c) Tertiäreingriffe an beiden Unterarmknochen

Bei 3 Patienten aus dem vorliegenden Krankengut mußten - entweder wegen Falschgelenkbildung von Ulna und Radius (2 mal), oder wegen Pseudarthrose des einen und Deformheilung des Nachbarknochens - Elle und Speiche tertiär versorgt werden (siehe Tabelle 14., S. 68).

Die Frakturen lokalisierten sich ausschließlich in den mittleren Knochenabschnitt, neben einem Trümmerbruch lagen dabei ausschließlich Querbrüche vor. Die Erstosteosynthese wurde bei 2 Patienten mit offenen

Nr.	Beruf Alter Hb Nr.	Unfall- termin Unfall- art	Bruchart, -lokal., Nebenverl.	Kons.Behandlg., Erstosteosynth., weitere Operat.	Metallent- fernung Indikation Diagnose: Psa.	Reosteo- synthese	Letztes Untersuchungs- ergebnis subjektiv objektiv	Letzte Mde %
21	Arbei- lerin 50 J. 10 983	23.3.63 AU	Querbr. UA li., o., unt.Drittel- grenze Nebenverl.	Wundvers. "kons. Behandlung" 11.4.63 (ausw.) <u>Rushpin. E + S</u>	ca. 15.9.63 "Frakt.weit- geh.gefest." MN E + S 3.10.63 Vd.a. straffe Psa. E + S	22.10.63 <u>Küntscher</u> <u>MN E + S</u>	knö.Heilg. arthr.Ver- änd. im Handgcl. Ø Durchbl. Störung + Muskel- mind. + Bewegmind. Schult., Hand., u.Fingergcl.	20
22	Scha- lungs- zimm. 44 J. 12 886	6.4.64 WU	UABr.re., E. Mitte, E: Quer. S: Trümmerbr. Nebenverl.	7.4.64 (ausw.) "Marknag." E+S ca. 11.5.64 "nochmals Op.E" Art d. Op. ?	ca. 10.8.64 6.8.65 straffe Psa. E + S	30.11.65 6-Lochpl. AO E + S	knö.Heilg. E + S Ø Durchbl. Störung Ø Muskel- mind. (+) UADreh.	30

Tabelle: 14: Tertiäreingriffe an beiden Unterarmknochen

Fortsetzung von Tabelle 14

Nr.	Beruf Alter Hb Nr.	Unfall- termin Unfall- art	Bruchart, -lokal., Nebenverl.	Kons.Behandlg., Erstosteosynth., weitere Operat.	Metal- lent- fernung Indikation Diagnose: Psa.	Reosteo- synthese	Letztes Untersuchungs- ergebnis subjektiv objektiv	Letzte MäE %
23	Mon- tiere- rin 39 J. 13 374	13.11.64 WU	Querbr. UA <u>Te., o.,</u> ob.Drittel- grenze Nebenverl.	13.11.64 (ausw.) <u>"Markschienung"</u> <u>E + S</u>	Ø Angaben 8.3.66 "Defekt Psa. E" 10.5.66 de- form verh. S Br.	20.5.66 E: <u>6-Lochpl.</u> AO <u>S:Osteotom.</u> <u>4-Lochpl.AO</u>	knö.Heilg. <u>E + S</u> Ø Durchbl. Störung + Muskel- mind. + Bewegmind. Handgel., UA Dreh.	(60)

Frakturen noch am Unfalltag vorgenommen, im 3. Fall wurden die Brüche 18 Tage später operiert. Folgende metallischen Fremdkörper wurden dabei verwendet: 2 Küntschernägel, 2 Rushpins und 2 "Markschienen". Die Implantation von Markschienen, bei der "man auf Stabilität verzichtet und sich mit einer Auffädung zufriedengibt" (FUCHS/NIKFETRAT), stellt den Osteosyntheseerfolg von vorneherein in Frage. Die zusätzlich zur inneren Fixation notwendige äußere Ruhigstellung führt nämlich am Unterarm ganz besonders zur Verschlechterung des funktionellen Ergebnisses.

Über Komplikationen von seiten des Fremdkörpers liegen keine Angaben vor, die Indikation zur Metallentfernung wird nur in einem Fall erwähnt, nämlich die "weitgehende Festigung der Frakturen".

Im UKM fand man als Ergebnis der Vorbehandlung bei einem Patienten neben einer deform verheilten Radiusfraktur ein atrophisches Ellenfalschgelenk und in den 2 anderen Fällen jeweils straffe Pseudarthrosen an beiden Unterarmknochen. Die Speichenfehlstellung wurde durch eine Osteotomie behoben. Bei der tertiären Reosteosynthese kam einmal das Verfahren nach Küntscher und in 2 Fällen das Prinzip der AO zur Anwendung. Spanverpflanzungen wurden dabei nicht vorgenommen.

Die letzten Untersuchungsbefunde bestätigen den Erfolg der Therapie im UKM: in allen Fällen knöcherne Heilung in achsengerechter Stellung.

Bezüglich der Funktion des verletzten Armes zeigte sich bei allen Tertiäreingriffen am Unterarm ein ähnliches Bild: Muskelverschwächung sowie Bewegungseinschränkung, die wegen der großen Zahl gelenkiger Verbindungen von Elle und Speiche besonders viele Funktionen betraf. Eine meßbare MdE liegt bei allen Verletzten vor.

An Hand dieser Untersuchungsergebnisse zeigt sich also, daß die Vorschädigung des betroffenen Armes durch die erfolglose Erstosteosynthese und oft monatelang äußere Immobilisierung so beträchtliche Ausmaße angenommen hatte, daß eine völlige Wiederherstellung nicht mehr möglich war. Dennoch konnte durch den gelungenen Tertiäreingriff in den meisten Fällen subjektiv eine deutliche Befundbesserung erzielt und die Gebrauchsfähigkeit des verletzten Armes wesentlich gesteigert werden.

Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit berichtet über tertiäre Reosteosynthesen nichtinfizierter Pseudarthrosen und Fehlstellungen im Schaftbereich von Schlüsselbein, Ober- und Unterarm. In der Einleitung wird der Begriff der tertiären Reosteosynthese erläutert. Es handelt sich dabei um eine wiederholte Osteosynthese. Diese wurde notwendig, weil während der Vorbehandlung (d. h. der Erstosteosynthese und dem zweiten Eingriff, der Metallentfernung) Falschgelenke oder Fehlstellungen aufgetreten waren.

Der Allgemeine Teil bringt in der Literaturübersicht zunächst eine Schilderung der beiden Formen der Knochenheilung nach Osteosynthesen. Anschließend werden die wichtigsten Ursachen genannt, die zum Versagen eines derartigen Eingriffs führen können.

Es sind einmal Fehler des Behandelnden vor, während und nach der Osteosynthese. Dazu gehören Wahl eines ungeeigneten Patienten, unzutreffende Indikationsstellung und Wahl eines ungünstigen Operationstermins. Mangelnde Erfahrung des Chirurgen führt zur Indikation einer ungeeigneten Osteosynthesemethode, Einbringung eines unzulänglichen Fremdkörpers oder fehlerhafter operativer Technik. Bei ungenügender

Wahrung der Asepsis kommt es zur Infektion. Nach dem Eingriff kann eine falsche Übungsbehandlung ebenso wie die verfrühte Metallentfernung zum Mißerfolg führen.

Als zweiter Hauptgrund kommen Wechselwirkungen zwischen Implantat und Lager in Frage.

Anschließend werden die beiden Anwendungsgebiete der Reosteosynthese, mit Falschgelenkbildung oder Fehlstellung verheilte Brüche, definiert und auf Ursachen, Formen und Häufigkeit untersucht. Ein Vergleich zwischen den beiden grundlegenden Methoden der Reosteosynthese an Hand von Behandlungsergebnissen zeigt, daß das AO-Verfahren bei zutreffender Indikation und einwandfreier Technik die günstigsten Heilungsaussichten verspricht.

Im einschlägigen Krankengut aus dem UKM fanden sich in den Jahren 1953 -69 26 Tertiärversorgungen am Schaftbereich von Schlüsselbein, Ober- und Unterarm. Davon betrafen 2 die Klavikula, 4 den Humerus, 8 die Elle, 6 die Speiche und in 3 Fällen jeweils Elle und Speiche. Indikationen zum Eingriff waren 24 mal ein sicheres sowie ein fragliches Falschgelenk und eine Fehlheilung. Die Auswertung der Fälle nach Bruchart, -lokalisation, Methoden der Primärosteosynthese und der weiteren Erstbehandlung ergibt in Übereinstimmung

mit der Literatur, daß die Unstabilität der Osteosynthese - entweder bei Anwendung der ungeeigneten Methode, fehlerhafter Ausführung der Operation oder vor allem bei verfrühter Metallentfernung - als wichtigste Ursache für den Mißerfolg zu nennen ist.

Die tertiäre Reosteosynthese brachte bei 20 von 25 beurteilbaren Fällen beginnende oder abgeschlossene knöcherne Heilung und zeigte funktionell gute Resultate. Ein Vergleich zwischen den Ergebnissen von Markraumschienen und AO-Verplattung weist auf eine Überlegenheit des AO-Verfahrens hin.

Im speziellen Teil der Arbeit folgt eine Besprechung der Tertiären Reosteosynthesen an den einzelnen Knochen. Eine kurze Übersicht aus der Literatur behandelt anatomische Gegebenheiten, Ursachen und Therapie von Mißerfolgen sowie Ergebnisse der Korrektur Eingriffe. Diese nur für den jeweiligen Knochen geltenden Besonderheiten werden dann bei der Auswertung der Fälle besonders hervorgehoben.

Literaturverzeichnis

- AICHNER, H.: Behandlungsergebnisse nach der gedeckten Markdrahtung frischer unstabiler Vorderarmbrüche Mschr. Unfallheilk. 68, 45 (1965)
- ALLGÖWER, M.¹: Osteosynthese und primäre Knochenheilung
Langenbecks Arch. klin. Chir. 308, 423 (1964)
- ders.²: Indikation und Technik der Osteosynthese
Schriftenreihe: Unfallmed. Tagungen d. Landesverbände d. gewerbl. Berufsgenossensch. Mainz, 19./20.3.1962
- ALLGÖWER, M.,
M. E. MÜLLER, u.
R. SCHENK: Biomechanische Prinzipien bei der Metallverwendung am Knochen
Langenbecks Arch. Klin. Chir. 305, 1 (1963)
- AUERBACH, E.: Verkürzungsosteotomie der Elle mit dem Markgewindestift
Med. Klin. 63, 1847 (1968)
- AXHAUSEN, W.: Der biologische Wert heteroplastischer Knochentransplantate
Langenbecks Arch. Klin. Chir. 279, 48 (1954)

- BAKO, G.: Operative Behandlung von Schlüssel-
beinbrüchen
Zbl. Chir. 90, 2075 (1965)
- BANDI, W.: Indikation und Technik der Osteo-
synthese am Humerus
Helv. chir. act. 31, 89 (1964)
- BANDI, W., u.
A. MUMENTHALER: Technik der Osteosynthese von Humerus-
frakturen
In: Technik der operativen Fraktur-
behandlung von M. E. MÜLLER, M.
ALLGÖWER u. H. WILLENEGGER
Springer, Berlin 1963
- BAUDER, K.: Marknagelverbiegung: Ursachen und
Vermeidung
Chir. Pract. 12, 591 (1968)
- BAUMANN, E.: Der heutige Stand der Osteosynthese
in der Behandlung der Knochenbrüche
Mschr. Unfallheilk. 68, 20 (1965)
- BAUMGÄRTEL, H.: Zur Frage der primären Osteosynthese
offener Frakturen
Dtsch. med. J. 17, 153 (1966)
- BERENTEY, G., u.
S. SOMOGYI: Die Ursachen der Erfolglosigkeit
der Osteosynthesen
Zschr. Orthop. 91, 489 (1959)
- BERNHARD, M.: Vor- und Nachteile der dynamischen
Osteosynthese nach Rush
Dissertation München 1966

- BIALECKI, ST., u.
E. MICHALSKI:
Die Ursachen der verzögerten
Heilung und Bildung von Pseud-
arthrosen bei Schaftbrüchen der
langen Knochen
Beitr. Orthop. 2, 673 (1962)
- BITKA, P.:
zit. n. BRISKIN
- BLOCK, u. GULEKE:
zit. n. LAUBE u. GAY
- BÖHLER, J.:
Kritisches zur Behandlung schlecht
verheilte Frakturen
Langenbecks Arch. klin. Chir.
298, 101 (1961)
- BÖHLER, L.¹:
Unzweckmäßige und gefährliche Me-
thoden bei der Behandlung von Frak-
turen
Langenbecks Arch. klin. Chir. 295,
281 (1960)
- ders.²:
Die Technik der Knochenbruchbe-
handlung 12.-13. Aufl.
Maudrich, Wien 1954
- ders.³:
Gegen die operative Behandlung von
frischen Oberarmschaftbrüchen
Langenbecks Arch. klin. Chir.
308, 465 (1964)
- ders.⁴:
Gibt es kallusbildende Mittel?
Wien. med. Wschr. 115, 1009 (1965)
- BRANDT:
zit. n. KÖHL

- BRISKIN, S.: Bruch von Metallschienen und taktisches Vorgehen bei diesbezüglichen Komplikationen
Zbl. Chir. 89, 861 (1964)
- BROICHMANN, R.: Behandlungsergebnisse der Pseudarthrosen
Dissertation München 1965
- BRUSSATIS, F., u. M. E. MÜLLER: Metallbeschaffenheit und Korrosionserscheinungen an Platten und Schrauben
Langenbecks Arch. klin. Chir. 305, 15 (1963)
- BRUSSATIS, F., u. J. NONHOFF: Metallkundliche Untersuchungen der bei Osteosyntheseoperationen verwendeten Implantate
Arch. Orthop. Unfall-Chir. 62, 64 (1967)
- BÜRKLE DE LA CAMP, H.: Fehler und Gefahren bei der operativen Behandlung frischer Frakturen
Langenbecks Arch. klin. Chir. 289, 87 (1961)
- CADEN: zit. n. HUGGLER
- CAMBELL: zit. n. GELBKE
- CERZEN: zit. n. BRISKIN
- CHIARI, H., u. H. SPÄGLER: Zur offenen Markdrahtung von Unterarmfrakturen
Arch. orthop. Unfall-Chir. 52, 14 (1960/61)

- CHRISTENSEN, S.: Humeral Shaft Fractures, Operative and Conservative Treatment
Act. chir. Scand. 133, 455 (1967)
- CONTZEN, H., u.
H. BROGHAMMER: Korrosion und Metallose
Bruns' Beitr. klin. Chir. 208,
75 (1964)
- DANIS: zit. n. M. E. MÜLLER
- DÜRR, W.¹: Pseudarthrosenentstehung infolge unzureichender Osteosynthesen
Chirurg 39, 192 (1968)
- DÜRR, W.²: Pseudarthrosen nach Osteosynthesen
Hefte Unfallheilk. 94, 69 (1968)
- ECKE, H.: Die Knochenregeneration und ihre Mechanismen
Wehrmed. Mschr. 11, 401 (1967)
- EHALT, W.: Behandlung schlecht oder verzögert heilender Frakturen und verschleppter Luxationen
Therapiewoche 11, 210 (1961)
- EHRlich, W.: Fehler bei der operativen Knochenbruchbehandlung und deren Vermeidung
Zbl. Chir. 90, 922 (1965)
- ELTZE, J.: Mangelhafte Implantate und nicht optimale Operationstechnik bei der Metallosteosynthese
Beitr. Orthop. 14, 706 (1967)

- EVERKE, H., u.
K. KINJ: Ergebnisse der konservativen und operativen Behandlung der Claviculafrakturen
Chirurg 40, 129 (1969)
- PACKERT, S.: Erfolge und Mißerfolge der Pseudarthrosenbehandlung
Mschr. Unfallheilk. 53, 103 (1950)
- FRANK, E.: Metallurgische Probleme der Osteosynthese
Hefte Unfallheilk. 97, 49 (1968)
- FRANKE, D.: Beitrag zur Pseudarthrosenbehandlung von Radius, Ulna und Klavikula
Mschr. Unfallheilk. 67, 473 (1964)
- FUCHS, G.: Die Behandlung der gemeinen Unterarmpseudarthrose mit Rushnagelung und Knochenverriegelung
Chir. Prax. 12, 113 (1968)
- FUCHS, G., u.
A. NIKFETRAT: Zur dynamischen Osteosynthese instabiler Vorderarmfrakturen
Chirurg 34, 25 (1963)
- GÄRTNER, W.: Ergebnisse operativer und konservativer Schlüsselbeinbruchbehandlung
Zbl. Chir. 80, 348 (1955)
- GELBKE, H.: Ergebnisse operativer Pseudarthrosenbehandlung
Langenbecks Arch. klin. Chir. 262, 182 (1949)

- GENEWEIN, R., u.
K. U. MOHR, u.
F. RUEFF: Ursachen und Therapie der Pseudarthrosen
München. med. Wschr. 110, 845 (1968)
- GERHARDT, F.: Zur Markdrahtung der Klavikulafrakturen
Wien. med. Wschr. 108, 982 (1958)
- GÖPFERT, H.: Ursachen der Mißerfolge bei der Pseudarthrosenbehandlung mittels Spanverpflanzung
(Votr. b. d. 27. Jahrestag. der Dtsch. Ges. f. Unfallheilk. v. 13.5.-15.5.1963)
- GRAFF, U.: Ursachen von Störungen der Knochenbruchheilung nach Metallosteosynthese
Bruns' Beitr. klin. Chir. 193, 463 (1956)
- HACKETHAL: zit. n. J. RICHTER
- HANSEN: zit. n. GELBKE
- HEINEMANN, G.: Probleme und Fortschritte der Pseudarthrosenbehandlung
Bruns' Beitr. klin. Chir. 215, 75. (1967)
- HERMANN, L.: Nagelbruch und -verbiegung als Spätkomplikation nach Marknagelung
Zbl. Chir. 85, 354 (1960)
- HOLLE, F.: Grundriß der gesamten Chirurgie
7. Aufl., 2. Teil
Springer, Berlin (1960)

- HUGGLER, A.: Indikation und Wertung der Osteosynthese an der oberen Extremität
Zschr. Orthop. 101, 265 (1966)
- ILLES, T.: Einige Ursachen und Versorgung der in Fehlstellung geheilten Vorderarmschaftbrüche
Hefte Unfallheilk. 89, 81 (1966)
- KERN, E., u. S. WELLER: Zur Frühbehandlung nach Knochenbrüchen und Osteosynthesen
München. med. Wschr. 108, 528 (1966)
- KINDLER, K.: Operationen und chirurgische Eingriffe an der oberen Extremität
In: Fehler und Gefahren bei chirurgischen Operationen, hg. von R. STICH u. K. H. BAUER 4. Aufl., Bd. II
Fischer, Jena 1958
- KNOCH, H. G.: Gewebsreaktionen nach Osteosynthese
Zbl. Chir. 91, 1269 (1966)
- KNÖFLER, H.: Ein Beitrag zur optimalen operativen Behandlung der Klavikulafraktur
Chirurg 33, 308 (1962)
- KÖHL, B.: Behandlung und Behandlungsergebnisse von Pseudarthrosen und verzögerter Kallusbildung nach Oberarmbrüchen
Dissertation München 1967
- KOSLOWSKI, L., u. S. WELLER: Tücken der Marknagelung
Chirurg 33, 460 (1962)

- KROMPECHER, S.¹: Die Beeinflußbarkeit der Gewebsdifferenzierung der granulierenden Knochenoberfläche, insbesondere die der Kallusbildung
Langenbecks Arch. klin. Chir. 281, 472 (1955/56)
- ders.²: zit. n. M. ALLGÖWER, M. MÜLLER u. R. SCHENK
- KÜNLEN, H.: Zur Darstellung des Schlüsselbeins im Röntgenbild
Ärztl. Forschung 16, 581 (1962)
- KÜNTSCHER, G.¹: Die Behandlung der Unterarmpseudoarthrosen
Chirurg 32, 37 (1961)
- ders.²: Die Behandlung der Klavikulapseudoarthrose
Zbl. Chir. 77, 1364 (1952)
- ders.³: Fehler und Gefahren der Marknagelung
Zbl. Chir. 86, 379 (1961)
- ders.⁴: Die Wahl des passenden Marknagels
Chirurg 35, 114 (1964)
- KÜPPERMAN, W.: Aussprache
Langenbecks Arch. klin. Chir. 308, 475 (1964)
- KUNER, E., u. S. WELLER: Zur Frage der Metallentfernung nach Osteosynthesen
Dtsch. med. Wschr. 93, 108 (1968)

- LABES, H.: Zur Spießung der Klavikula- und Unterarmfrakturen durch Kirschnerdraht
Zbl. Chir. 82, 1166 (1957)
- LANGE, M.¹: Orthopädisch-chirurgische Operationslehre 2. Aufl.
J. F. Bergmann, München 1962, u. Ergänzungsbd., 1968
- ders.²: Lehrbuch der Orthopädie und Traumatologie Bd. III
Enke, Stuttgart 1967
- ders.³: Die Gefahren und Fehler der Osteosynthese
Zschr. Orthop. 91, 415 (1959)
- LANGENSKJÖLD: zit. n. GELBKE
- LANGHAGEL, J.: Zur Marknagelung bei Pseudarthrosen
Mschr. Unfallheilk. 53, 111 (1950)
- LAUBE, J., u. B. GAY: Betrachtungen zur Pseudarthrosenbildung und -behandlung
Zbl. Chir. 91, 1594 (1966)
- LEIMBACH, G.: Soll man frische Oberarmschaftbrüche operieren?
Mschr. Unfallheilk. 68, 571 (1966)
- LEITZ, G.¹: Funktionsverbessernde Operationen bei Fehlstellungen und Pseudarthrosen nach Frakturen der Vorderarmschaftknochen
Bruns' Beitr. klin. Chir. 214, 257 (1967)

- ders.²: Die Therapie der Ellen- und Spei-
chenschaftbrüche
Langenbecks Arch. klin. Chir. 312,
61 (1965)
- ders.³: Möglichkeiten der operativen Kor-
rektur von Pseudarthrosen und Fehl-
stellungen
Arch. orthop. Unfall-Chir. 63,
196 (1968)
- ders.⁴: Handwerkliche Grundregeln bei der
operativen Knochenbruchbehandlung
Chirurg 36, 122 (1965)
- LENTZ, W.: Der biologische Wert homoioplasti-
scher Knochentransplantate
Langenbecks Arch. klin. Chir. 279,
52 (1954)
- LEXER, E.: Lehrbuch der Allgemeinen Chirurgie
22. Auflage
Enke, Stuttgart 1957
- LILIENBERG, H.: Ein Beitrag zum Problem der Klaviku-
lapseudarthrosen
Beitr. Orthop. 14, 425 (1967)
- LOB, A.¹: zit. n. L. BÖHLER³
- ders.²: Die Behandlung der Vorderarmschaft-
pseudarthrosen
Hefte Unfallheilk. 89, 88 (1966)
- LOB, A., u.
J. PROBST: Schultergürtel und obere Gliedma-
ßen
in: Klinische Chirurgie für die Pra-
xis, hg. von O. DIEBOLD, H. JUNG-
HANNS, L. ZUKSCHWERDT Bd IV
Thieme, Stuttgart 1966

- V. LÜDINGHAUSEN, M.,
P. MEISTER, u.
J. PROBST: Osteosynthese und Metallose
Med. Welt 21, 1913 (1970)
- MAATZ, R.: Osteosynthese an der Elle
Chirurg 28, 24 (1957)
- MAGNUS, G.: zit. n. GELBKE
- MATTI, H.: Technik und Resultate meiner Pseud-
arthrosenoperationen
Zbl. Chir. 63, 1442 (1936)
- MATZEN, P. F.: Lehrbuch der Orthopädie 2. Aufl.,
Bd. I
VEB Volk und Gesundheit, Berlin 1967
- MAURATH, J.,
H. CHRIST, u.
H. KÖBLER: Die Stabilität bei der Osteosynthese
von Schaftfrakturen
Med. Welt: 617 (1965)
- MEYER, A.: Fehler und Gefahren der operativen
Knochenbruchbehandlung
Med. Klin. 58, 320 (1963)
- MEYER-FLEMMING, A.: Pseudarthrosen nach Nagelung von
Frakturen
Dissertation Hamburg 1960
- MEZNIK, F., u.
P. SLANCAR: Klinische Ergebnisse auto-, homo-
und heterologer Knochentransplan-
tationen
Zschr. Orthop. 105, 465 (1968)
- MITTELBACH, H. R., u.
A. BUSCHMANN: Vorderarmschaftbrüche
Chirurg 38, 306. (1967)
- MÜLLER, M. E.¹: Zur Frage der primären Frakturhei-
lung nach Osteosynthese
Dtsch. med. Wschr. 90, 2366 (1965)

- ders.²: Die Behandlung der nichtinfizierten Pseudarthrosen an der oberen Extremität mit der Kompressionsplatte
act. chir. 1, 99 (1966)
- MÜLLER, M. E.,
M. ALLGÖWER, u.
H. WILLENEGGER: Technik der operativen Frakturen-
behandlung
Springer, Berlin 1963
- NABAVI, M. H.¹: Möglichkeiten der modernen Osteo-
synthese
Med. Welt: 358 (1968)
- ders.²: Heutige Indikationen konservativer
und operativer Frakturenbehandlung
Med. Welt: 1077 (1966)
- NICOLE, R.: Metallschädigung bei Osteosynthesen
Helv. chir. Act. 14, Beilageheft
(1947)
- NIGST, H.: Vorderarm-pseudarthrosen und ihre
unfallmedizinische Bedeutung
Hefte Unfallheilk. 89, 81 (1966)
- NONNEMANN, H.: Drehfehler nach Schaftbrüchen der
Röhrenknochen
chir. prax. 10, 373 (1966)
- OSTAPOWICZ, G.: Pseudarthrosen und ihre Therapie
Bruns' Beitr. klin. Chir. 205,
1 (1962)
- PAUWELS, F.¹: Eine Theorie über den Einfluß me-
chanischer Reize auf die Diffe-
renzierung des Stützgewebes
Zschr. Anatomie u. Entwicklungs-
gesch. 121, 478 (1960)

- ders.²: zit. n. J. LAUBE u. B. GAY
- PEITSCH, H.: Erfahrungen mit der intramedullären
Frakturfixation nach Rush
Mschr. Unfallheilk. 62, 368 (1958)
- PROBST, J.¹: Indikationsprobleme der operativen
Knochenbruchbehandlung
Med. Klin. 63, 569 (1968)
- ders.²: Erfahrungen mit der Plattenosteo-
synthese in Verbindung mit der
Spongiosaplastik bei Unterarmpseudo-
arthrosen und -fehlstellungen
Hefte Unfallheilk. 87, 140 (1966)
- ders.³: Wesen und Bedeutung der aktiven
Bewegungstherapie bei der Wieder-
herstellung Unfallverletzter
Hippokrates 33, 706 (1962)
- ders.⁴: Welche operativen Behandlungsver-
fahren sind heute bei Pseudarthro-
sen erfolgversprechend?
Schriftenr. Unfallmed. Tagungen
d. Landesverb. d. gewerbl. Berufs-
genossensch. Lindau, 7./8.10.1967
- ders.⁵: Reosteosynthese des Schlüsselbeines
Mschr. Unfallheilk. 73, 464 (1970)
- ders.⁶: Ergebnisse der Reosteosynthese
nichtinfizierter langer Röhrenkno-
chen
Hefte Unfallheilk. 112 (1973)

- REHM, J.¹: Über die Ursachen der Mißerfolge
bei der Knochenbruchbehandlung
Chirurg 40, 37 (1969)
- ders.²: Zur operativen Behandlung der
Knochenbrüche nach den Richtlinien
der Schweizer AO
Hefte Unfallheilk. 81, 100 (1965)
- REHN, J.: Die posttraumatische Pseudarthrose,
ihre Entstehung und Therapie
Hefte Unfallheilk. 94, 5 (1968)
- RICHTER, J.: Behandlungsergebnisse bei mit in-
tramedullären Metallimplantaten
operativ versorgten Ober- und Unter-
schenkelbrüchen unter besonderer
Berücksichtigung der Fehlergebnisse
nach Küntschermarknagelung
Dissertation München 1967
- RUEFF, F., u.
R. BEDACHT: Zur Behandlung von Frakturen der
Extremitäten
Med. Klin. 63, 1862 (1968)
- RUEFF, F., u.
H. PELZL: Zur Behandlung der Oberarmschaft-
brüche
Chirurg 38, 17 (1967)
- RUNNE, H. J., u.
H. MORITZ: Korrosionsschäden und Metallosen
nach Osteosynthesen
Zbl. Chir. 86, 2341 (1961)
- SAEGESSER, M.: Spezielle chirurgische Therapie
7. Aufl.
Huber, Bern 1963

- SANDER, E., u.
S. GRAFE: Ist die primäre metallische Osteosynthese offener Frakturen gerechtfertigt?
Zbl. Chir. 89, 1897 (1964)
- SANDER, E., u.
G. STAUDE: Ursachen und Therapie der Pseudarthrosen langer Röhrenknochen
Zbl. Chir. 93, 680 (1968)
- SCALES: zit. n. H. CONTZEN u. H. BROGHAMMER
- SCHENK, R.,
J. MÜLLER, u.
H. WILLENEGGER: Experimentell-histologischer Beitrag zur Entstehung und Behandlung von Pseudarthrosen
Hefte Unfallheilk. 94, 15 (1968)
- SCHENK, R., u.
H. WILLENEGGER: Zur Histologie der primären Knochenheilung
Langenbecks Arch. klin. Chir. 308, 440 (1964)
- SCHULZ, CH.: Beitrag zur Osteosynthese der Klavikulafraktur mittels Kirschnerdraht
Chirurg 37, 294 (1966)
- SCHWARZER, R.: Behandlung der Oberarmschaftfrakturen
Zschr. Ärztl. Fortbildung 60, 1180 (1966)
- SEGMÜLLER, G., u.
M. ALLGÖWER: Realität und Relativität der primären Knochenheilung
Chirurg 36, 504 (1965)
- SEIFFERT, K.: Zur operativen Behandlung der Unterarmschaftbrüche
Bruns' Beitr. klin. Chir. 204, 211 (1962)

- SEYFARTH, H.: Klinische Erfahrungen und histotopochemische Untersuchungen bei Metallimplantationen
Zschr. Orthop. 91, 517 (1959)
- SIEBER, E.: Ergebnisse mit kältekonserverten homoioplastischen Knochenspänen, speziell bei der Pseudarthrosenoperation nach Phemister
Langenbecks Arch. klin. Chir. 279, 69 (1954)
- SITTEK, G.: Über Ergebnisse der Schlüsselbeinbruchbehandlung
Dissertation München 1960
- SOLOMONEN, K., u.
B. INGVALL: One year's Experience of AOI Compression Plates in the Treatment of Fresh Diaphyseal Fractures and Nonunion of the Bones of the Upper Limb
Ann. Chir. Gyn. 56, 291 (1967)
- SPIER, W.: Die operative Behandlung des Ulnavorschubs
Mschr. Unfallheilk. 69, 257 (1966)
- STRAUMANN, F., u.
S. STEINEMANN: Metallurgische Fragen
In: Technik der operativen Frakturenbehandlung, hg. v. M. E. MÜLLER, M. ALLGÖWER u. H. WILLENEGGER
Springer, Berlin 1963
- THORBAN, W.: Der heutige Stand der Lehre vom Sudeck-Syndrom
Hippokrates 36, 384 (1965)

- TROJAN, E.: Zur Osteosynthese der Schaftbrüche der Vorderarmknochen
Zschr. Orthop. 91, 469 (1959)
- TRUETA, J.: Der Einfluß des Muskels auf den Blutstrom in den langen Röhrenknochen
Zschr. Orthop. 99, 11 (1965)
- TUNCAY, R.: Unsere Erfahrungen bei der Behandlung von Oberarmschaftfrakturen
Zschr. Orthop. 103, 333 (1967)
- VERBEEK: zit. n. B. KÖHL
- VITALLI, H. P.: Die biologischen Grundlagen der Knochentransplantation
Zschr. Orthop. 99, 146 (1965)
- WACHSMUTH, W.: Die Operationen an den Extremitäten
In: Allgemeine und spezielle chirurgische Operationslehre, hg. v. R. ZENKER u. N. GULEKE 2. Aufl., Bd. X, Teil 1
Springer, Berlin 1956
- WAGNER, H.: Einbettung von Metallschrauben und die Heilungsvorgänge des Knochengewebes unter dem Einfluß der stabilen Osteosynthese
Langenbecks Arch. klin. Chir. 305, 28 (1963)
- WAHL, D. H.: Über die operative Behandlung der Klavikulafraktur
Mschr. Unfallheilk. 71, 438 (1968)

- WEHNER, W.¹: Fehlergebnisse der Frakturbehandlung und ihre Korrekturmöglichkeiten
Beitr. Orthop. 14, 715 (1967)
- ders.²: Die heutige Behandlung von Klavikulafrakturen
Dtsch. Gesundheitsw. 18, 1729 (1963)
- WELLER, S.¹: Behandlungsprinzipien von Pseudarthrosen
Chirurg 38, 445 (1967)
- ders.²: Gedanken zur konservativen und operativen Knochenbruchbehandlung
Mschr. Unfallheilk. 70, 233 (1967)
- WIESER, C.: Die primäre Knochenbruchheilung und ihre Störung im Röntgenbild
Langenbeck Arch. klin. Chir. 308, 434 (1964)
- WILLENEGGER, H.¹: Fragen der operativen Frakturenbehandlung
Langenbecks Arch. klin. Chir. 276, 173 (1953)
- ders.²: Versorgung von offenen Frakturen
Chirurg 38, 341 (1967)
- WITT, A. N.¹: Die Behandlung der Pseudarthrosen
de Gruyter, Berlin 1952
- ders.²: Wandlungen in der Behandlung der Kallusverzögerung und der Pseudarthrose
Zschr. Orthop. 97, 313 (1963)

WITT, A. N., u.
G. FRIEDEBOLD:

Verletzungen der Knochen und Gelenke

In: Klinische Chirurgie für die Praxis, hg. v. O. DIEBOLD, H. JUNGHANNS u. L. ZUKSCHWERDT
Bd. IV

Thieme, Stuttgart 1966

WITT, A. N., u.
M. JÄGER:

Besondere Indikationen und Grenzen für die Verwendung des Instrumentariums der AO bei orthopädisch-chirurgischen Eingriffen

Arch. Orthop. Unfall-Chir. 60,
49 (1966)

WITT, A. N., u.
K. WALCHER:

Besondere Indikationen zur Osteosynthese unter Verwendung des Instrumentariums der AO bei Frakturen, Pseudarthrosen und orthopädisch-chirurgischen Eingriffen

Arch. Orthop. Unfall-Chir. 65,
269 (1969)

WONDRAK, E.:

Zur Problematik der Osteosynthese von heute und morgen

Zbl. Chir. 91, 1476 (1966)

ZITTEL, R. X.:

Komplikationen bei der Marknagelung von Frakturen und ihre Verhütung

Zbl. Chir. 87, 1481 (1962)

Herrn Professor Dr. med. A. LOB, ehemaliger Chef-
arzt des Unfallkrankenhauses Murnau, danke ich
herzlich für die Anregung und Vergabe der Arbeit,
für die freundliche Unterstützung und für die
Übernahme des Referates.

Herrn Professor Dr. G. HEBERER, Direktor der Chi-
rurgischen Universitätsklinik München, danke ich
ergebenst für die Übernahme des Korreferates.

Herrn Priv. Doz. Dr. med. J. PROBST, Ärtzl. Direk-
tor der Unfallklinik Murnau, sage ich meinen besten
Dank für seine Hilfe bei der Gestaltung dieser Ar-
beit und seine Beratung in wissenschaftlichen Fra-
gen sowie für die Durchsicht und Korrektur.

Lebenslauf

Am 27.7.1946 wurde ich als Tochter des Arztes Dr. Anton Weidinger und seiner Ehefrau Carla, geb. Schindler, in München geboren.

Nach vierjährigem Besuch einer Münchner Volksschule trat ich im September 1956 in das Realgymnasium der Englischen Fräulein in München ein, wo ich im Sommer 1965 die Reifeprüfung ablegte.

Im Wintersemester 1965/66 begann ich an der Universität München das Medizinstudium. Dort legte ich im Wintersemester 1967/68 die ärztliche Vorprüfung und im Sommer 1971 die ärztliche Prüfung ab.

Während der Medizinalassistentenzeit war ich zunächst 6 Monate auf der Chirurgischen Abteilung des Kreiskrankenhauses Garmisch-Partenkirchen, anschließend 6 Monate auf der 1. Medizinischen Abteilung des Krankenhauses München Nymphenburg und zuletzt 4 Monate auf der 2. Pädiatrischen Abteilung des Krankenhauses München - Schwabing tätig. Im Februar 1973 erhielt ich die Approbation als Arzt.

Seit 1973 bin ich mit dem Arzt Dr. Ulrich Rattenhuber verheiratet.

